

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-021391

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl. G06T 7/00

(21)Application number : 08-169604 (71)Applicant : GLORY LTD

(22)Date of filing : 28.06.1996 (72)Inventor : ONISHI HIROYUKI
SUZUKI HISASHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR COLLATING PICTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and device for collating a picture in which a necessary memory capacity can be reduced and complicated picture collation can be quickly operated at the time of collating a rotated, parallel moved and enlarged (reduced) picture.

SOLUTION: A θ -(q) plane preparing part 12 prepares $h1(\theta_p)$ and $H1(\theta_p)$ for an input picture by using an edge detecting part 13, Hough transformation processing part 14, Fourier transformation processing part 15 and logarithmic coordinate transformation processing part 19 and prepares $H1(\theta_q)$ by performing the logarithmic coordinate transformation of those. Then a moving amount calculating part 16 compares this $H1(\theta_q)$ with $H0(\theta_q)$ stored in a reference data storing part 17, calculates a rotational angle and an enlargement/reduction ratio in a θ -(q) plane level and calculates a parallel moving amount in a θ -p plane level based on the pertinent rotational angle and enlargement/reduction ratio.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In an image collating method which computes the angle of rotation ψ of an inputted image the amount of parallel translation ($x\delta y\delta$) and the rate s of zooming to an image comparison respectively and was made to perform image collation of an image comparison and an inputted image based on this computed result While performing theta-rho Hough transformation to a step which generates an edge direction picture about each of said image comparison and said inputted image and an edge direction picture about said image comparison and generating reference theta-rho plane data A step which performs theta-rho Hough transformation to an edge direction picture about said inputted image and generates input theta-rho plane data While carrying out the Fourier transform of the reference theta-rho plane data about said image comparison and generating reference theta-p plane data Each of a step which carries out the Fourier transform of the input theta-rho plane data about said inputted image and generates input theta-p plane data p axis of said input theta-p flat surface and p axis of said reference theta-p flat surface by carrying out logarithmic-coordinates conversion on q axis A step which generates the reference theta-q plane data concerned and input theta-q plane data so that an input theta-q flat surface may shift only quantity according to said rate s of zooming to q shaft orientations to a reference theta-q flat surface While computing a shift amount of theta shaft orientations of an input theta-q flat surface over a reference theta-q flat surface as said angle of rotation ψ by comparing said reference theta-q plane data and input theta-q plane data and carrying out two-dimensional image matching processing A step which computes a shift amount of q shaft orientations of an input theta-q flat surface over a reference theta-q flat surface as said rate s of zooming A shift amount of theta shaft orientations of said input theta-rho flat surface and a rate of zooming of rho shaft orientations to said reference theta-rho flat surface are amended using said computed angle of rotation ψ and the rate s

of zoomingA step which computes said amount of parallel translation ($x_{\Delta}y_{\Delta}$) by calculating a cross correlation function in each theta of this amended reference theta-rho plane data and said input theta-rho plane dataand performing reverse Hough transformationand an image collating method which it had.

[Claim 2]In an image collating unit which computes the angle of rotation ψ of an inputted imagethe amount of parallel translation ($x_{\Delta}y_{\Delta}$)and the rate s of zooming to an image comparisonrespectivelyand was made to perform image collation of an image comparison and an inputted image based on this computed resultWhile performing theta-rho Hough transformation to an edge image creating means which generates an edge direction picture about each of said image comparison and said inputted imageand an edge direction picture about said image comparison and generating reference theta-rho plane dataA Hough transforming means which performs theta-rho Hough transformation to an edge direction picture about said inputted imageand generates input theta-rho plane dataWhile carrying out the Fourier transform of the reference theta-rho plane data about said image comparison and generating reference theta-p plane dataThe Fourier conversion method which carries out the Fourier transform of the input theta-rho plane data about said inputted imageand generates input theta-p plane dataEach of p axis of said input theta-p flat surfaceand p axis of said reference theta-p flat surface by carrying out logarithmic-coordinates conversion on q axisA logarithmic-coordinates conversion method which generates the reference theta-q plane data concerned and input theta-q plane data so that an input theta-q flat surface may shift only quantity according to said rate s of zooming to q shaft orientations to a reference theta-q flat surfaceWhile computing a shift amount of theta shaft orientations of an input theta-q flat surface over a reference theta-q flat surface as said angle of rotation ψ by comparing said reference theta-q plane data and input theta-q plane dataand carrying out two-dimensional image matching processingAn angle of rotation and a rate calculating means of zooming which compute a shift amount of q shaft

orientations of an input θ - q flat surface over a reference θ - q flat surface as said rate s of zooming. A shift amount of θ shaft orientations of said input θ - ρ flat surface and a rate of zooming of ρ shaft orientations to said reference θ - ρ flat surface are amended using said computed angle of rotation ψ and the rate s of zooming. The amount calculating means of parallel translation which computes said amount of parallel translation ($x_{\Delta y_{\Delta}}$) by calculating a cross correlation function in each θ of this amended reference θ - ρ plane data and said input θ - ρ plane data and performing reverse Hough transformation and an image collating unit which it had.

[Claim 3] The image collating unit according to claim 2 further provided with a memory measure which memorizes data about said image comparison beforehand and an input means which inputs said inputted image from the exterior.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention about the image collating method and device which perform image collation of the image comparison in which pattern such as a figure used as a standard were picturized and the inputted image in which the figure to be examined etc. were picturized. Especially, an inputted image rotates to an image comparison, parallel translation is carried out and when zooming is being carried out, the angle of rotation, the amount of parallel translation and the rate of zooming to an image comparison of this inputted image are computed at high speed and it is related with the image collating method and device which compare both images based on this computed result.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to compare the image comparison registered beforehand and the inputted image inputted from the picture input device etc. it is necessary to compute between pictures and a relative angle of rotation, the amount of parallel translation and the rate of zooming. In order to compute these, the technique of generalization Hough (Hough) conversion is used widely.

[0003] There are some which were indicated by JP62-77689A as this kind of art and this gazette is indicating the generalization Hough transformation circuit which realized the circuit which can perform generalization Hough transformation at high speed by hardware.

[0004] This generalization Hough transformation is an image processing technique for detecting arbitrary figures out of a picture and is a method voted for the 4-dimensional parameter space of an angle of rotation, the amount of parallel translation and the rate of zooming.

[0005] That is, in generalization Hough transformation, when performing rotation and collation of a picture which carried out parallel translation and carried out zooming, a 4-dimensional memory is prepared for the parameter space corresponding to rotation, parallel translation and zooming. And about all the combination between the edge points of an image comparison and an inputted image, it asks for the parameter of rotation, parallel translation and zooming and processing voted for parameter space is performed.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, according to generalization Hough transformation, that it should correspond to the 4-dimensional parameter space corresponding to rotation, parallel translation and zooming, since it is necessary to prepare a 4-dimensional memory, the problem that memory space becomes huge and cost will become huge invites.

[0007] For example, in order to ask for parallel translation with resolution of 1 pixel and to search for an angle of rotation with resolution of 1 time when image size is 256 pixels x 256 pixels, several 100 megabytes of memory space is required of parameter space.

[0008] Since he is trying to ask for a rotation the amount of parallel translation and the rate of zooming in this generalization Hough transformation from all the combination between each edge point of an inputted image and an image comparison. The problem that the combination between edge points increases with the increase in the edge number of an inputted image and an image comparison and processing time also increases by this invites. That is the problem that collation of a complicated figure with many edge numbers etc. takes time occurs.

[0009] It is made in view of such the actual condition rotate and this invention carries out parallel translation. When you compare the picture which carried out zooming let it be a solution technical problem to enable it to process promptly even if it is a case where the picture by which memory space could be made small and the complicated figure etc. were pictured is compared.

[0010]

[Means for Solving the Problem] Then the angle of rotation ψ of an inputted image [as opposed to an image comparison by main invention of this invention]. In an image collating method which computes the amount of parallel translation ($x\delta y\delta$) and the rate s of zooming respectively and was made to perform image collation of an image comparison and an inputted image based on this computed result. While performing theta-rho Hough transformation to a step which generates an edge direction picture about each of said image comparison and said inputted image and an edge direction picture about said image comparison and generating reference theta-rho plane data. A step which performs theta-rho Hough transformation to an edge direction picture about said inputted image and generates input theta-rho plane data. While carrying out the Fourier transform of the reference theta-rho plane data about said image comparison and generating reference theta-p plane data. Each of a step which carries out the Fourier transform of the input theta-rho plane data about said inputted image and generates input theta-p plane data. p axis of said input theta-p flat surface and p axis of said reference theta-p flat surface by carrying out logarithmic-coordinates

conversion on q axisA step which generates the reference theta-q plane data concerned and input theta-q plane data so that an input theta-q flat surface may shift only quantity according to said rate s of zooming to q shaft orientations to a reference theta-q flat surfaceWhile computing a shift amount of theta shaft orientations of an input theta-q flat surface over a reference theta-q flat surface as said angle of rotation ψ by comparing said reference theta-q plane data and input theta-q plane dataand carrying out two-dimensional image matching processingA step which computes a shift amount of q shaft orientations of an input theta-q flat surface over a reference theta-q flat surface as said rate s of zoomingA shift amount of theta shaft orientations of said input theta-rho flat surface and a rate of zooming of rho shaft orientations to said reference theta-rho flat surface are amended using said computed angle of rotation ψ and the rate s of zoomingIn each theta of this amended reference theta-rho plane data and said input theta-rho plane datahe calculates a cross correlation functionand is trying to have with a step which computes said amount of parallel translation ($x_{\text{delta}}y_{\text{delta}}$) by performing reverse Hough transformation.

[0011]He is trying to have further a memory measure which memorizes data about said image comparison beforehandand an input means which inputs said inputted image from the exterior in another invention of this invention in the same image collating unit as an image collating method mentioned above.

[0012]

[Embodiment of the Invention]Hereafteran embodiment of the invention is described with reference to drawings.

[0013]Drawing 1 is a figure showing the composition of the image collating unit 10 used by this embodiment.

[0014]As shown in drawing 1this image collating unit 10From the image comparison and inputted image which were prepared beforehandfurthercarry out the Fourier transform of the theta-rho plane data obtained by Hough transformationand Theta-p plane dataWhile computing theta-q plane data and asking for an angle of rotation and the rate of zooming with this theta-q plane

level it constitutes so that the amount of parallel translation may be calculated with a theta-rho plane level using the angle of rotation and the rate of zooming for which it asked.

[0015] This image collating unit 10 specifically The image input part 11 as an input means The theta-q flat-surface preparing part 12 and the edge detection section 13 as an edge image creating means The Hough transformation treating part 14 as a Hough transforming means and the Fourier conversion process part 15 as a Fourier conversion method It consists of the movement magnitude calculation part 16 as an angle of rotation and the rate calculating means of zooming or an amount calculating means of parallel translation the referred data storage parts store 17 as a memory measure the reverse Hough transformation treating part 18 and the logarithmic-coordinates conversion process part 19 as a logarithmic-coordinates conversion method.

[0016] Said edge image creating means a Hough transforming means the Fourier conversion method and a logarithmic-coordinates conversion method contain the theta-q flat-surface preparing part 12 respectively.

[0017] Namely in the theta-q flat-surface preparing part 12 when creating an edge direction picture the edge detection section 13 is used When creating theta-rho plane data the Hough transformation treating part 14 is used when creating theta-p plane data the Fourier conversion process part 15 is used and also a logarithmic-coordinates conversion process is performed using the logarithmic-coordinates conversion process part 19 and theta-p plane data is changed into theta-q plane data.

[0018] The image input part 11 is a treating part which inputs the reference concentration picture $R(xy)$ prepared beforehand and the inputting density picture $I(xy)$ and outputs each inputted picture to the theta-q flat-surface preparing part 12.

[0019] The edge detection section 13 the Hough transformation treating part 14 the Fourier conversion process part 15 and the logarithmic-coordinates conversion process part 19 are used for the theta-q flat-surface preparing part 12 An edge

direction picture θ -rho plane data θ -p plane data and θ -q plane data are created one by one from the inputted picture and θ -rho plane data and θ -q plane data are outputted to the movement magnitude calculation part 16.

[0020] An edge direction picture is specifically created from the picture inputted using the edge detection section 13 and Hough transformation of the edge direction picture is carried out using the Hough transformation treating part 14 after that. The Fourier transform of the θ -rho plane data obtained by this Hough transformation is carried out using the Fourier conversion process part 15 θ -p plane data is created logarithmic-coordinates conversion of the p axis is further carried out at q axis using the logarithmic-coordinates conversion process part 19 and θ -q plane data is created.

[0021] Namely when the inputted picture is the reference concentration picture $R(xy)$ in this θ -q flat-surface preparing part 12. this -- the case where the picture which created the reference θ -q plane data corresponding to $R(xy)$ and was inputted is the inputting density picture $I(xy)$ -- this -- the input θ -q plane data corresponding to $I(xy)$ is created.

[0022] For example when the inputted picture is $R(xy)$ reference edge direction picture $R_e(xy)$ is first created using the edge detection section 13 next Hough transformation of this $R_e(xy)$ is carried out by the Hough transformation treating part 14 and the reference θ -rho plane data $h_0(\theta_{rho})$ is created. The Fourier transform of this $h_0(\theta_{rho})$ is carried out using the Fourier conversion process part 15 the reference θ -p plane data $H_0(\theta_{p})$ is created further logarithmic-coordinates conversion of this $H_0(\theta_{p})$ is carried out by the logarithmic-coordinates conversion process part 19 and the reference θ -q plane data $H_0(\theta_{q})$ is created.

[0023] The movement magnitude calculation part 16 which received $h_0(\theta_{rho})$ and $H_0(\theta_{q})$ is stored in the referred data storage parts store 17 by using this $h_0(\theta_{rho})$ and $H_0(\theta_{q})$ as referred data.

[0024] The edge detection section 13 applies a gauss Laplacian filter to a concentration picture While detecting an edge point in quest of the point (it is

called the following "zero crossing point".) that the numerals of the positive/negative of a Gauss Laplacian filter change to x shaft orientations or y shaft orientations. The edge intensity E_m and edge direction E_{θ} are calculated aiming at removal of a noise by applying the Sobel operator to the position of this zero crossing point. This edge intensity E_m is a treating part which stores the edge direction E_{θ} in an edge direction picture on condition that it is more than a predetermined threshold.

[0025] Specifically by this invention, $l_e(xy)$ corresponding to $R_e(xy)$ and $l(xy)$ corresponding to $R(xy)$ is created using the edge detecting method based on the zero crossing point indicated by JP5-151352A.

[0026] The Hough transformation treating part 14 is a treating part which carries out Hough transformation of the edge direction picture which the edge detection section 13 created and creates theta-rho plane data and specifically creates $h_1(\theta, \rho)$ corresponding to $h_0(\theta, \rho)$ and $l_e(xy)$ corresponding to $R_e(xy)$.

[0027] The Fourier conversion process part 15 is a treating part which carries out the Fourier transform of the theta-rho plane data which the Hough transformation treating part 14 created and creates theta-p plane data and specifically creates $H_1(\theta, p)$ corresponding to $H_0(\theta, p)$ and h_1 corresponding to $h_0(\theta, \rho)$ (θ, ρ).

[0028] The logarithmic-coordinates conversion process part 19 is a treating part which carries out the logarithmic-coordinates conversion process of the p axis of the theta-p flat surface which the Fourier conversion process part 15 created to a logarithmic-coordinates axis q axis and specifically creates $H_1(\theta, q)$ corresponding to $H_0(\theta, q)$ and H_1 corresponding to $H_0(\theta, p)$ (θ, p).

[0029] The input data $h_1(\theta, \rho)$ and $H_1(\theta, q)$ inputted from the theta-q flat-surface preparing part 12 and the referred data $h_0(\theta, \rho)$ and $H_0(\theta, q)$ stored in the referred data storage parts store 17 are used for the movement magnitude calculation part 16. It is a treating part which computes the angle of rotation, the amount of parallel translation, and the rate of zooming to the figure (shape pattern used as a standard) included in the reference concentration

picture $R(xy)$ of the figure (thing to be examined) included in the inputting density picture $I(xy)$ and outputs this.

[0030] Specifically, this movement magnitude calculation part 16 computes the amount of parallel translation with the theta-rho plane level amended by these angles of rotation and the rate of zooming while computing an angle of rotation and the rate of zooming with the theta-q plane level which carried out the Fourier transform of the theta-rho flat surface which performed Hough transformation further. Thus, the reason for having carried out the Fourier transform of the theta-rho flat surface further and having computed the amount of parallel translation at the amended theta-rho flat surface first is for asking for an angle of rotation and the rate of zooming promptly after removing the influence of parallel translation and calculating the amount of parallel translation promptly after removing the influence of these angles of rotation and the rate of zooming after that.

[0031] When this movement magnitude calculation part 16 receives referred data (thetaq), i.e. h_0 (thetarho) and H_0 from the theta-q flat-surface preparing part 12, processing which memorizes this referred data to the referred data storage parts store 17 is performed. For this reason, when the theta-q flat-surface preparing part 12 outputs referred data to the movement magnitude calculation part 16, he is trying to give the identification flag etc. which show that the data to output is referred data to the referred data concerned, although explanation of those details is omitted.

[0032] The referred data storage parts store 17 is a storage parts store which memorizes the theta-rho plane data h_0 (thetarho) and the theta-q plane data H_0 (thetaq) corresponding to the reference concentration picture $R(xy)$ as referred data, and this referred data is accessed by the movement magnitude calculation part 16.

[0033] The reverse Hough transformation treating part 18 is a treating part used when the movement magnitude calculation part 16 computes the amount of parallel translation and performs reverse Hough transformation about rho cross

correlation picture $C_{\rho}(\theta, \rho)$ which specifically memorized the correlation coefficient which this movement magnitude calculation part 16 computed between the reference θ - ρ flat surface and the input θ - ρ flat surface.

[0034] Thus when this image collating unit 10 compares the reference concentration picture $R(x, y)$ and the inputting density picture $I(x, y)$ while carrying out the Fourier transform and asking for an angle of rotation and the rate of zooming with a θ - q plane level after performing Hough transformation respectively based on this angle of rotation and the rate of zooming the amount of parallel translation is computed with a θ - ρ plane level.

[0035] Next the procedure of the described image collating unit 10 is explained. However referred data shall already be ending with setting out here at the referred data storage parts store 10.

[0036] Drawing 2 is a flow chart which shows the procedure of the image collating unit 10 shown in drawing 1.

[0037] As shown in the drawing 2 if the inputting density picture $I(x, y)$ is inputted as for this image collating unit 10 the θ - q flat-surface preparing part 12 will create the edge direction picture $I_e(x, y)$ from $I(x, y)$ using the edge detection section 13 (Step 201).

[0038] And after the θ - q flat-surface preparing part's 12 carrying out Hough transformation of the $I_e(x, y)$ using the Hough transformation treating part 14 and creating the θ - ρ plane data $h_1(\theta, \rho)$ (Step 202) The Fourier transform of $h_1(\theta, \rho)$ is further carried out using the Fourier converter 15 and the θ - p plane data $H_1(\theta, p)$ is created (Step 203).

[0039] The θ - q flat-surface preparing part 12 carries out logarithmic-coordinates conversion of the p axis of a θ - p flat surface (θ, p) at the logarithmic-coordinates axis of q axis using the logarithmic-coordinates conversion process part 19 and creates the θ - q plane data $H_1(\theta, q)$ (Step 204).

[0040] And the movement magnitude calculation part 16 reads the referred data

H0 (thetaq) after the same logarithmic-coordinates conversion that was created beforehand and was beforehand memorized to the referred data storage parts store 17 from the referred data storage parts store 17 concerned (Step 205).

[0041]Subsequentlythese two-dimensional correlation coefficients Cr (thetaq) are calculated using the Fourier logarithmic-coordinates resolution picture H1 (thetaq) created at Step 204and the Fourier logarithmic-coordinates resolution picture H0 (thetaq) read from the referred data storage parts store 17 at Step 205 (Step 206).

[0042]And this two-dimensional correlation coefficient Cr (thetaq) asks for the angle of rotation psi and the rate s of zooming from the position of theta and q used as the maximum (Step 207).

[0043]Nextthis movement magnitude calculation part 16 amends the shift amount of theta shaft orientations of an input theta-rho flat surface and the rate of zooming of rho shaft orientations to a reference theta-rho flat surface based on these angles of rotation psi and the rate s of zoomingCalculate a normalization correlation coefficientshifting to rho shaft orientations about each theta of this amended reference theta-rho plane data h0 (thetarho) and the input theta-rho plane data h1 (thetarho)and the position of the maximum of that correlation coefficient is detectedrho cross correlation picture Crho (thetarho) which memorized the correlation coefficient is created (Step 208).

[0044]And the movement magnitude calculation part 16 carries out reverse Hough transformation of rho cross correlation picture Crho (thetarho) using the reverse Hough transformation treating part 18creates the reverse Hough transformation picture Inv (xy)and computes the amount of parallel translation (xdeltaydelta) in quest of the position of the maximum (Step 209).

[0045]While asking for the angle of rotation psi and the rate s of zooming with a theta-q plane level by performing a series of above-mentioned processingsit becomes possible to calculate the amount of parallel translation (xdeltaydelta) with a theta-rho plane level based on this angle of rotation psi and the rate s of zooming. In the above-mentioned procedurealthough the explanation about the

creation procedure of $R_e(xy)$, $H_0(\theta_{\rho})$ and $H_0(\theta_{\rho})$ was omitted. It can be created by performing Steps 201-204 about these as well as the case of the inputting density picture $I(xy)$.

[0046] Next, the creation procedure of the edge direction picture shown in Step 201 of drawing 2 is explained concretely.

[0047] Drawing 3 is a flow chart which shows the creation procedure of the edge direction picture of Step 201 of drawing 2.

[0048] By the edge detection section 13 as shown in drawing 3 in order to ask for a zero crossing point first, the Gauss Laplacian filter shown in a following formula to the inputting density picture $I(xy)$ is applied and Laplacian picture $I_g(xy)$ is created (Step 301).

[0049]

And it is checked whether the noticed picture element of $I_g(xy)$ is negative and the pixel value of at least one pixel is positive among the about four pixels (Step 302). When these conditions are satisfied with the application of the differentiation operator of Sobel (Sobel), the edge intensity E_m is computed to $I(xy)$ (Step 303).

[0050] And if this edge intensity E_m is more than a predetermined threshold, edge direction E_{θ} will be calculated and it will store in the edge direction picture $I_e(xy)$ and will shift to the case of less than a threshold at processing of the following pixel (Step 305).

[0051] Thus, since it has the character in which the thing corresponding to the edge point of a noise increases when the above-mentioned zero crossing point tends to make the value of sigma small and it is going to detect the detailed edge of a picture, removal of the zero crossing point of a noise is aimed at by applying the Sobel operator to the position of the zero crossing point of this noise.

[0052] And if processing of these steps 302-305 is repeated (Step 306) and the processing to all the pixels is ended, making a noticed picture element shift, this edge direction image processing will be ended.

[0053] Thus this edge detection section 13 is creating the edge direction picture $le(xy)$ using the edge detecting method indicated by JP5-151352A and the same technique.

[0054] The differentiation operator of above-mentioned Sobel comprises the mask operator 40 of a x direction and the mask operator 41 of a y direction as shown in drawing 4. In the output from the mask operator 40 of a x direction if the output from M_x and the mask operator 41 of a y direction is set to M_y the edge intensity E_m and edge direction E_{θ} will be computed by a following formula.

[0055]

Although the case where the differentiation operator of Sobel was used was explained here it is also possible to apply various differentiation operators such as Roberts (Robert) and Robinson (Robinson).

[0056] Next the creation procedure of the theta-rho plane data shown in Step 202 of drawing 2 is explained concretely.

[0057] Drawing 5 is a flow chart which shows the creation procedure of the theta-rho plane data of Step 202 of drawing 2.

[0058] As shown in drawing 5 if the edge direction picture $le(xy)$ is inputted (Step 501) the Hough transformation treating part 14 it checks whether this $le(xy)$ is an edge point (Step 502) and in being an edge point it sets the angle variable θ as $\theta = E_{\theta} - \Delta\theta$ (Step 503). As for this $\Delta\theta$ an appropriate value is set up based on an experiment.

[0059] To the next

While computing +1 addition (vote) is carried out to $h_1(\theta, \rho)$ corresponding to the computed value (Step 504).

[0060] And the angle variable θ is *****ed (Step 505) and as long as this angle variable θ is within the limits of $E_{\theta} - \Delta\theta$ to $E_{\theta} + \Delta\theta$ the processing of the above-mentioned steps 504 and 505 is repeated (Step

506).

[0061]And after repeating this processing about all the pixels of the edge direction picture $I_e(xy)$ (Step 507) and finishing processing of all the pixels this theta-rho Hough transformation processing is ended.

[0062]That is when $I_e(xy)$ is an edge point $h_1(\theta, \rho)$ is created by computing ρ displacing the angle variable θ from θ to $\theta + \Delta\theta$ and adding to $h_1(\theta, \rho)$ corresponding to the combination of θ and ρ +one time.

[0063]Although here explained the case where $h_1(\theta, \rho)$ corresponding to the inputting density picture $I(xy)$ was created it can create similarly about $h_0(\theta, \rho)$ corresponding to the reference concentration picture $R(xy)$.

[0064]Next the creation procedure of the Fourier conversion process shown in Step 203 of drawing 2 i.e. θ - ρ plane data is explained concretely.

[0065]The inputting density picture $I(xy)$ is expanded and reduced at the rate s of zooming to the reference concentration picture $R(xy)$ here it rotates with the angle of rotation ψ further and parallel translation only of the amount of parallel translation ($x\Delta y\Delta$) is carried out further.

[0066]Zooming on such (xy) space rotation and parallel translation are expressed with the conversion shown in a lower type on space (θ, ρ) .

[0067]

It corrects

It comes out.

[0068]Then in order to remove the influence of such parallel translation from space (θ, ρ) $h_1(\theta, \rho)$ corresponding to the inputting density picture $I(xy)$ and $h_0(\theta, \rho)$ corresponding to the reference concentration picture $R(xy)$ -- about each. The one-dimensional Fourier transform of ρ shaft orientations is performed the frequency p calculates the power spectral density of the field of

Step 204 of drawing 2 is explained concretely.

[0075]Here the reason for carrying out a logarithmic-coordinates conversion process is as follows.

[0076]Namely when it has the rate s of zooming and the inputting density picture $I(xy)$ is expanding and contracting to the reference concentration picture $R(xy)$.

The input Fourier resolution picture $H_1(\theta, \phi)$ is what was reduced and expanded to p shaft orientations to the reference Fourier resolution picture $H_0(\theta, \phi)$ (for example when the inputting density picture $I(xy)$ is expanded to the reference concentration picture $R(xy)$ it becomes a relation shrunk by p shaft orientations).

[0077]If asked for the rate s of zooming as it is data processing will become complicated and processing will take time.

[0078]Then the relation which the picture expands and contracts in p shaft orientations is changed into the relation in which the picture is carrying out parallel translation to q shaft orientations by carrying out logarithmic-coordinates conversion of the frequency p axis at the logarithmic-coordinates axis q axis of frequency. That is only the quantity according to the rate s of zooming is made to shift an input θ - q flat surface to q shaft orientations to a reference θ - q flat surface (parallel translation).

[0079]Thus by making it the relation which is carrying out parallel translation to q shaft orientations data processing which asks for the rate s of zooming will become simple and processing time will be shortened.

[0080]As drawing 7 is a flow chart which shows the procedure of such a logarithmic-coordinates conversion process and it is shown in the drawing 7 the logarithmic-coordinates conversion process part 19 initializes q to zero while initializing θ to zero first (Step 701) (Step 702).

[0081]Subsequently it is p corresponding to q Following the (25) type and $p = c \cdot \exp(q)$ (25)

(however it asks for c from constant). That is the coordinates position on p axis corresponding to the coordinates position on the logarithmic-coordinates axis q is

searched for (Step 703).

[0082]In this way if the correspondence relation between p and q becomes clear the Fourier resolution picture $H1(\theta_p)$ will be changed into the corresponding Fourier logarithmic-coordinates resolution picture $H1(\theta_q)$ at following the (26) type so that it may be shown.

[0083] $H1(\theta_q) = H1(\theta_p)$ (26)
(Step 704)

In order to reduce the influence of the sampling error of logarithmic-coordinates conversion processing which hangs the Hanning window on q shaft orientations is performed to the next.

[0084]That is as shown in following the (27) type what carried out the multiplication of the Hanning window function $W(q)$ to $H1(\theta_q)$ acquired at Step 704 is set to new $H1(\theta_q)$.

[0085]

$W(q) = 0.5 (1 + \cos(\pi q/q_{\max}))$

$H1(\theta_q) = W(q) \cdot H1(\theta_q)$ (27)

However q_{\max} is the maximum of q (Step 705).

[0086]Subsequently q (Step 706) if q is less than the maximum q_{\max} (judgment YES of Step 707) will repeat the same processing (Step 703 - Step 706) to updated q but. If q reaches the maximum q_{\max} soon (judgment NO of Step 707) it will shift to the following step 708.

[0087]Shortly θ if θ is less than maximum θ_{\max} (judgment YES of Step 708) after making q into zero again to updated θ will repeat the same processing (Step 702 - Step 707) but. If θ reaches maximum θ_{\max} soon (judgment NO of Step 708) this logarithmic-coordinates conversion process will be terminated.

[0088]Although here explained the case where $H1(\theta_q)$ corresponding to the inputting density picture $I(xy)$ was created it can create similarly about $H0(\theta_q)$ corresponding to the reference concentration picture $R(xy)$.

[0089]Such acquired relation between $H1(\theta_q)$ and $H0(\theta_q)$ is expressed

like following the (10) type.

[0090]

It corrects

It comes out.

[0091] Thus $H_1(\theta_q)$ corresponding to the inputting density picture $I(xy)$ is q shaft orientations about $H_0(\theta_q)$ corresponding to the reference concentration picture $R(xy)$. - It can express as what shifted only ψ to λ and θ shaft orientations.

[0092] Therefore if shift amount λ of these q shaft orientations is computable it can ask for the rate s of zooming from the relation of the above-mentioned (12) formula and if shift amount ψ of θ shaft orientations is computable the angle of rotation ψ can be searched for.

[0093] Then shift amount of such q shaft orientations - In order to ask for λ and shift amount ψ of θ shaft orientations the movement magnitude calculation part 16 First the referred data $H_0(\theta_q)$ after the logarithmic-coordinates conversion memorized beforehand is read from the referred data storage parts store 17 concerned to the referred data storage parts store 17 (Step 205) These two-dimensional correlation coefficients $C_r(\theta_q)$ are calculated using this read Fourier logarithmic-coordinates resolution picture $H_0(\theta_q)$ and the Fourier logarithmic-coordinates resolution picture $H_1(\theta_q)$ created at Step 204 (Step 206). Then this two-dimensional correlation coefficient $C_r(\theta_q)$ asks for the angle of rotation ψ and the rate s of zooming from the position of θ and q used as the maximum (Step 207).

[0094] As it is a flow chart which shows the procedure of calculation processing of data processing of such a two-dimensional correlation coefficient $C_r(\theta_q)$ and the angle of rotation ψ and the rate s of zooming and is shown in the drawing 8 drawing 8 carries out the two-dimensional Fourier transform of $H_1(\theta_q)$

first and calculates $F_1(uv)$ (Step 801). Subsequently the power of each ingredient of this $F_1(uv)$ is normalized to 1.0 and it asks for $F_1\phi(uv)$ (Step 802).

Processing with the same said of $H_0(\theta)$ corresponding to the reference concentration picture $R(xy)$ is performed and $F_0\phi(uv)$ created as a result is beforehand memorized by the storage parts store. Then this $F_0\phi(uv)$ is read (Step 803).

[0095] if it explains in more detail about these the processings of a series of -- first -- $H_0(\theta)$ and $H_1(\theta)$ -- as the two-dimensional Fourier transform of each is carried out and it is shown in following (13) and (14) type $F_0(uv)$ and $F_1(uv)$ are calculated.

[0096]

Here the expression of relations (15) of $F_0(uv)$ and $F_1(uv)$ is obtained using the above-mentioned (10) formula and these (13) and (14) types.

[0097]

Then when $F_0(uv)$ is divided into power and a phase it is expressed like following the (16) type and is expressed like following the (17) type from the above-mentioned (15) formula about $F_1(uv)$.

[0098]

As a result the phase constituent of $F_0(uv)$ and $F_1(uv)$ is expressed like following (18) and (19) type respectively.

[0099]

Using such acquired $F_0\phi(uv)$ and $F_1\phi(uv)$ then $F_1\phi(uv)$ As shown in

following (20)(21) and (22) type inverse Fourier transform of the product of $F_0\phi(uv)^*$ is carried out and the correlation value (two-dimensional correlation coefficient) $C_r(\theta)$ of $H_0(\theta)$ and $H_1(\theta)$ is calculated.

[0100]

However $F_0\phi(uv)^*$ is a complex conjugate of $F_0\phi(uv)$ (Step 804).

[0101] Thus it turns out that the calculated correlation value $C_r(\theta)$ is a delta function (refer to the above-mentioned (22) types). And this delta function $C_r(\theta)$ takes the maximum in the coordinates position of $\theta = \psi$ and $q = -\lambda$. Then the transformation and $s = k \cdot \exp(-\lambda)$ (28) based on the above-mentioned (12) formula for the rate s of zooming while detecting coordinates position $\theta = \psi$ and $q = -\lambda$ which take the maximum from $C_r(\theta)$ flat surface (Step 805) and searching for the angle of rotation ψ based on this detection position ($\psi - \lambda$)

It asks for (k by constant) (Step 806).

[0102] As mentioned above in this drawing 8 in order to calculate the shift amount of θ shaft orientations of $H_1(\theta)$ to $H_0(\theta)$ and the shift amount of q shaft orientations used the Fourier phase conversion method for having used the phase of the two-dimensional Fourier transform but. The operation for which it asks by the usual matched filter or two-dimensional correlation is also possible.

[0103] Next the creation procedure of rho cross correlation picture $C_{\rho}(\theta_{\rho})$ shown in Step 208 of drawing 2 is explained concretely.

[0104] Drawing 9 is a flow chart which shows the creation procedure of rho cross correlation picture $C_{\rho}(\theta_{\rho})$ of Step 208 of drawing 2.

[0105] As shown in the drawing 9 if the movement magnitude calculation part 16 asks for the angle of rotation ψ and the rate s of zooming by processing shown in drawing 8 The input θ -rho plane data $h_1(\theta_{\rho})$ and the reference θ -rho plane data $h_0(\theta_{\rho})$ are inputted and the shift amount of θ shaft orientations of an input θ -rho flat surface and the rate of zooming of rho shaft

orientations to a reference theta-rho flat surface are amended using the angle of rotation ψ searched for and the rate s of zooming (Step 901).

[0106]Subsequently the angle variable θ is initialized and (Step 902) shifted to zero and $-\rho_{\max} \times 2$ is substituted for quantity $\Delta\rho$ (Step 903).

[0107]And the normalization cross correlation function of $h_0(\theta, \rho)$ and $h_1(\theta, \rho)$ amended with the angle of rotation ψ and the rate s of zooming is calculated it memorizes in rho cross correlation picture $C(\theta, \Delta\rho)$ (Step 904) and $\Delta\rho$ is *****ed (Step 905).

[0108]Then it checks whether this $\Delta\rho$ is less than $[\rho_{\max} \times 2]$ (Step 906) and in being less than $[\rho_{\max} \times 2]$ it shifts to Step 904 and repeats processing of the above-mentioned steps 904 and 905.

[0109]On the other hand when the (Step 907) this angle variable θ is less than θ_{\max} after *****ing the angle variable θ when $\Delta\rho$ becomes more than $\rho_{\max} \times 2$ it shifts to Step 903 (Step 908).

[0110]That is in this movement magnitude calculation part 16 about each θ of $h_0(\theta, \rho)$ and $h_1(\theta, \rho)$ a one-dimensional normalization cross correlation function is calculated shifting to rho shaft orientations and rho cross correlation picture $C_{\rho}(\theta, \rho)$ is created.

[0111]It shifts and a one-dimensional normalization cross correlation function in case quantity is $\Delta\rho$ is computed by a following formula.

[0112]

Next the creation procedure of the reverse Hough transformation picture $Inv(xy)$ shown in Step 209 of drawing 2 is explained.

[0113]Drawing 10 is a flow chart which shows the creation procedure of the reverse Hough transformation picture $Inv(xy)$ of Step 209 of drawing 2.

[0114]As shown in the drawing 10 if the movement magnitude calculation part 16 creates rho cross correlation picture $C_{\rho}(\theta, \rho)$ (Step 1001) after it initializes the angle variable θ to zero it will set up (Step 1002) and will set $-\rho_{\max}$ as

rho (Step 1003).

[0115]And this Crho (thetarho) judges whether it is larger than Cmax which is this maximum of Crho (thetarho) (Step 1004)and it in being bigger than CmaxWhile substituting this Crho (thetarho) for Cmax and updating Cmaxrho at this time is substituted for rhok (Step 1005). Thereforethe value of rho in case Cmax is the maximum is stored in this rhok.

[0116]Nextthis rho is *****ed (Step 1006) and it checks whether rho is less than rhomax (Step 1007)and in being less than rhomaxit repeats processing of Steps 1004-1006.

[0117]On the other handwhen rho becomes more than rhomaxreverse Hough transformation of Crho (thetarhok) is carried out. That isat the reverse Hough transformation treating part 18it is a point (thetarhok) on Crho (thetarho)

Processing changed into the straight line shown by a ** type is performed.

[0118]And the value of Crho (thetarhok) is added on straight-line $y = -(1/\tan\theta)x + \rho k/\sin\theta$ on the Inv (xy) flat surface after this reverse Hough transformation (Step 1008).

[0119]And after *****ing the angle variable thetait checks whether (Step 1009) and ** theta are less than thetamax (Step 1010)and in being less than thetamaxit shifts to Step 1003.

[0120]That isin this movement magnitude calculation part 16the position (thetarhok) which takes the maximum by each theta is detected from Crho (thetarho)reverse Hough transformation is performed in that positionand the reverse Hough transformation picture Inv (xy) is created.

[0121]And the position (XmaxYmax) of the maximum of this reverse Hough transformation picture Inv (xy) serves as the amount of parallel translation (xdeltaydelta).

[0122]Nextthe processing result at the time of applying the image collating unit 10 concerning this invention to collation of a character is explained.

[0123]Drawing 11 is a photograph which shows the halftone image displayed on

a display when the image collating unit 10 shown in drawing 1 is applied to collation of a character.

[0124] Here drawing 11 (a) is the reference concentration picture $R(xy)$ of a character ("10000") and comes to show drawing 11 (b) reference edge direction picture $R_e(xy)$ which extracted the edge direction from this reference concentration picture $R(xy)$.

[0125] And if it becomes the reference theta-rho plane data $h_0(\theta, \rho)$ which has a band-like pattern as shown in drawing 11 (e) when Hough transformation is performed to this $R_e(xy)$ and the Fourier transform of this $h_0(\theta, \rho)$ is carried out further the reference theta-p plane data $H_0(\theta, p)$ as shown in drawing 11 (g) is obtained. If logarithmic-coordinates conversion of this p axis of $H_0(\theta, p)$ is furthermore carried out at q axis the reference theta-q plane data $H_0(\theta, q)$ as shown in drawing 11 (i) will be obtained.

[0126] On the other hand drawing 11 (c) is the inputting density picture $I(xy)$ of a character ("10000").

[0127] For example if the case where the character of the label which stick and is in a box is read optically is assumed in order to classify a box as shown in this drawing 11 (c) to the character on the reference concentration picture $R(xy)$ it rotated and the read character might carry out parallel translation and may be expanded (reduction).

[0128] The input edge direction picture $I_e(xy)$ which extracted the edge direction from this inputting density picture $I(xy)$ comes to be shown in drawing 11 (d).

[0129] And if it becomes the input theta-rho plane data $h_1(\theta, \rho)$ when Hough transformation is performed to this $I_e(xy)$ as shown in drawing 11 (f) and the Fourier transform of this $h_1(\theta, \rho)$ is carried out further the input theta-p plane data $H_1(\theta, p)$ as shown in drawing 11 (h) will be obtained. If logarithmic-coordinates conversion of this p axis of $H_1(\theta, p)$ is furthermore carried out at q axis the input theta-q plane data $H_1(\theta, q)$ as shown in drawing 11 (j) will be obtained.

[0130] Here the reason the wave of a belt is seen for this $h_1(\theta, \rho)$ as

compared with $h_0(\theta_{\rho})$ is because the attitude angle and position of a character differ from each other.

[0131] Since the inputting density picture $I(xy)$ is expanded to the reference concentration picture $R(xy)$ the input Fourier resolution picture $H_1(\theta_p)$ is understood that it has shrunk in p shaft orientations to the reference Fourier resolution picture $H_0(\theta_p)$.

[0132] When the relation whose picture has shrunk with such p shaft orientations sees $H_1(\theta_q)$ and H_0 by which logarithmic-coordinates conversion was carried out (θ_q) it is understood are changed into the relation in which the picture is carrying out parallel translation to q shaft orientations. That is it turns out that that to which the picture $H_0(\theta_q)$ was shifted caudad is the picture $H_1(\theta_q)$.

[0133] Now drawing 11 (k) is a correlation value $C_r(\theta_q)$ flat surface and it turns out that it has a coordinates position of the maximum luminance which this correlation value $C_r(\theta_q)$ flat surface can distinguish from other points clearly (the coordinates positions which take maximum luminance are $\theta = \psi$ and $q = -\lambda$).

[0134] About each θ of $h_1(\theta_{\rho})$ and $h_0(\theta_{\rho})$ drawing 11 (l) is a shown figure ρ cross correlation picture $C_{\rho}(\theta_{\rho})$ calculated while shifting to ρ shaft orientations and drawing 11 (m) It is the reverse Hough transformation picture $I_{nv}(xy)$ which detected the position ($\theta_{\rho k}$) which has the maximum by each θ from $C_{\rho}(\theta_{\rho})$ and performed reverse Hough transformation in the position.

[0135] As mentioned above in this embodiment the θ - q flat-surface preparing part 12 creates $h_1(\theta_{\rho})$ and H_1 corresponding to an inputted image (θ_p) using the edge detection section 13 the Hough transformation treating part 14 the Fourier conversion process part 15 and the logarithmic-coordinates conversion process part 19 While creating $H_1(\theta_q)$ which furthermore carried out logarithmic-coordinates conversion of this comparing $H_0(\theta_q)$ which the movement magnitude calculation part 16 memorized to this $H_1(\theta_q)$ and

referred data storage parts store 17 and asking for the angle of rotation ψ and the rate s of zooming with a θ - q plane levelControlling memory size required for collationsince it constituted so that the amount of parallel translation ($x_{\Delta y_{\Delta}}$) might be computed with a θ - ρ plane level based on this angle of rotation ψ and the rate s of zoomingeven if it is a case where the edge number of a picture increasesthe processing time required can be reduced.

[0136]

[Effect of the Invention]As explained abovewhile computing an angle of rotation and the rate of zooming with the θ - q plane level which carried out the Fourier transform of the θ - ρ flat surface which performed Hough transformation further in this inventionSince the amount of parallel translation was computed with the θ - ρ plane level amended by these angles of rotation and the rate of zoomingWhile being able to ask for an angle of rotation and the rate of zooming promptly after removing the influence of parallel translationafter removing the influence of these angles of rotation and the rate of zoomingthe amount of parallel translation can be calculated promptly. And a note can be made simultaneously and capacity can also be made small.

[0137]For this reasonfrom generalization Hough transformationas compared with the case where it asks for an angle of rotationthe amount of parallel translationand the rate of zoomingmemory space is reduced by leaps and boundsand even if it is a case where the edge number of a picture increasesprocessing time is shortened substantially.

[0138]When asking for an angle of rotation and the rate of zoominga frequency p axis by carrying out logarithmic-coordinates conversion on the logarithmic-coordinates axis q axis of frequency especiallySince he is trying for an input θ - q flat surface to shift only the quantity according to the rate s of zooming to q shaft orientations to a reference θ - q flat surfacedata processing which asks for the rate of zooming will become simpleand processing time can be shortened by leaps and bounds.

[0139]The memory measure which memorizes the data about an image

comparison beforehand in another invention of this invention Since it was made to make it memorize beforehand before it had the input means which inputs an inputted image from the exterior and the inputted image inputted the data about an image comparison from the outside if an inputted image is inputted it will become possible to compare an image comparison and an inputted image immediately and processing time can be further shortened now.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is a figure showing the embodiment of the image collating unit concerning this invention.

[Drawing 2] Drawing 2 is a figure showing the embodiment of the image collating method concerning this invention and is a flow chart which shows the procedure performed with the image collating unit shown in drawing 1.

[Drawing 3] Drawing 3 is a flow chart which shows the creation procedure of the edge direction picture which the edge detection section shown in drawing 1 performs.

[Drawing 4] Drawing 4 is a figure showing the differentiation operator of Sobel.

[Drawing 5] Drawing 5 is a flow chart which shows the creation procedure of the theta-rho plane data which the Hough transformation treating part shown in drawing 1 performs.

[Drawing 6] Drawing 6 is a flow chart which shows the creation procedure of the theta-p plane data which the Fourier conversion process part shown in drawing 1 performs.

[Drawing 7] Drawing 7 is a flow chart which shows the procedure of the logarithmic-coordinates conversion process which the logarithmic-coordinates conversion process part shown in drawing 1 performs.

[Drawing 8] Drawing 8 is a flow chart which shows the calculation procedure of an

angle of rotation and the rate of zooming which the movement magnitude calculation part shown in drawing 1 follows.

[Drawing 9]Drawing 9 is a flow chart which shows the creation procedure of rho cross correlation picture Crho (ρ) which the movement magnitude calculation part shown in drawing 1 performs.

[Drawing 10]Drawing 10 is a flow chart which shows the creation procedure of the reverse Hough transformation picture Inv (xy) which the reverse Hough transformation treating part shown in drawing 1 performs.

[Drawing 11]Drawing 11 (a) - drawing 11 (m) are each photograph which shows the halftone image displayed on a display when the image collating unit shown in drawing 1 is applied to collation of a character.

[Description of Notations]

10 -- An image collating unit and 11 -- An image input part and 12 -- Theta-f flat-surface preparing part 13 [-- A movement magnitude calculation part 17 / -- A referred data storage parts store and 18 / -- A reverse Hough transformation treating part 19 / -- A logarithmic-coordinates conversion process part 4041 / -- Sobel operator] -- An edge detection section and 14 -- A Hough transformation treating part 15 -- The Fourier conversion process part and 16

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-21391

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 6 T 7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 6 F 15/70

技術表示箇所

4 5 5 A

3 3 0 F

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平8-169604

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月28日

(71) 出願人 000001432

グローリー工業株式会社

兵庫県姫路市下手野1丁目3番1号

(72) 発明者 大西 弘之

兵庫県姫路市下手野一丁目3番1号 グローリー工業株式会社内

(72) 発明者 鈴木 寿

東京都文京区春日1丁目13番27号 中央大学理工学部情報工学科内

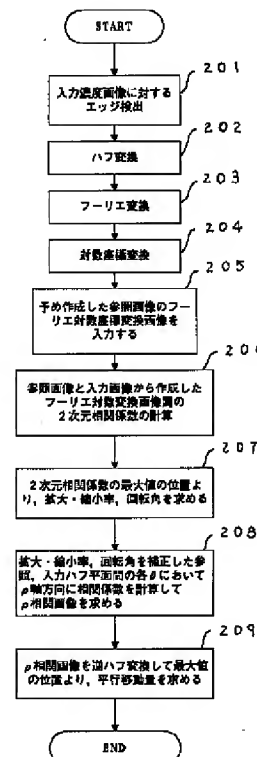
(74) 代理人 弁理士 木村 高久

(54) 【発明の名称】 画像照合方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 回転し、平行移動し、拡大（縮小）された画像を照合する際に、必要となるメモリ容量を低減しつつ、複雑な画像の照合を迅速に行うことができる画像照合方法及び装置を提供する。

【解決手段】 $\theta - q$ 平面作成部 12 がエッジ検出部 13、ハフ変換処理部 14、フーリエ変換処理部 15 および対数座標変換処理部 19 を用いて入力画像に対応する $h1(\theta, \rho)$ 及び $H1(\theta, \rho)$ を作成し、さらにこれを対数座標変換して $H1(\theta, q)$ を作成し、移動量算出部 16 がこの $H1(\theta, q)$ と参照データ記憶部 17 に記憶した $H0(\theta, q)$ を比較して $\theta - q$ 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を求め、該回転角および拡大・縮小率に基づいて $\theta - \rho$ 平面レベルで平行移動量を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 参照画像に対する入力画像の回転角 ψ 、平行移動量 ($x \Delta, y \Delta$) および拡大・縮小率 s をそれぞれ算出し、該算出結果に基づいて参照画像と入力画像の画像照合を行うようにした画像照合方法において、

前記参照画像および前記入力画像のそれぞれについてエッジ方向画像を生成するステップと、

前記参照画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta - \rho$ ハフ変換を行って参照 $\theta - \rho$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta - \rho$ ハフ変換を行って入力 $\theta - \rho$ 平面データを生成するステップと、

前記参照画像についての参照 $\theta - \rho$ 平面データをフーリエ変換して参照 $\theta - \rho$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についての入力 $\theta - \rho$ 平面データをフーリエ変換して入力 $\theta - \rho$ 平面データを生成するステップと、

前記入力 $\theta - \rho$ 平面の p 軸と前記参照 $\theta - \rho$ 平面の p 軸のそれぞれを、 q 軸に対数座標変換することにより、参照 $\theta - q$ 平面に対して入力 $\theta - q$ 平面が、 q 軸方向に前記拡大・縮小率 s に応じた量だけシフトするように、当該参照 $\theta - q$ 平面データおよび入力 $\theta - q$ 平面データを生成するステップと、

前記参照 $\theta - q$ 平面データと入力 $\theta - q$ 平面データとを突き合わせて 2 次元画像マッチング処理することにより、参照 $\theta - q$ 平面に対する入力 $\theta - q$ 平面の θ 軸方向のシフト量を前記回転角 ψ として算出するとともに、参照 $\theta - q$ 平面に対する入力 $\theta - q$ 平面の q 軸方向のシフト量を前記拡大・縮小率 s として算出するステップと、前記算出された回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて前記参照 $\theta - \rho$ 平面に対する前記入力 $\theta - \rho$ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正された参照 $\theta - \rho$ 平面データと前記入力 $\theta - \rho$ 平面データの各 θ において相互相関係数を求め、逆ハフ変換を行って前記平行移動量 ($x \Delta, y \Delta$) を算出するステップと具えた画像照合方法。

【請求項 2】 参照画像に対する入力画像の回転角 ψ 、平行移動量 ($x \Delta, y \Delta$) および拡大・縮小率 s をそれぞれ算出し、該算出結果に基づいて参照画像と入力画像の画像照合を行うようにした画像照合装置において、

前記参照画像および前記入力画像のそれぞれについてエッジ方向画像を生成するエッジ画像生成手段と、

前記参照画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta - \rho$ ハフ変換を行って参照 $\theta - \rho$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta - \rho$ ハフ変換を行って入力 $\theta - \rho$ 平面データを生成するハフ変換手段と、

前記参照画像についての参照 $\theta - \rho$ 平面データをフーリ

エ変換して参照 $\theta - \rho$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についての入力 $\theta - \rho$ 平面データをフーリエ変換して入力 $\theta - \rho$ 平面データを生成するフーリエ変換手段と、

前記入力 $\theta - \rho$ 平面の p 軸と前記参照 $\theta - \rho$ 平面の p 軸のそれぞれを、 q 軸に対数座標変換することにより、参照 $\theta - q$ 平面に対して入力 $\theta - q$ 平面が、 q 軸方向に前記拡大・縮小率 s に応じた量だけシフトするように、当該参照 $\theta - q$ 平面データおよび入力 $\theta - q$ 平面データを生成する対数座標変換手段と、

前記参照 $\theta - q$ 平面データと入力 $\theta - q$ 平面データとを突き合わせて 2 次元画像マッチング処理することにより、参照 $\theta - q$ 平面に対する入力 $\theta - q$ 平面の θ 軸方向のシフト量を前記回転角 ψ として算出するとともに、参照 $\theta - q$ 平面に対する入力 $\theta - q$ 平面の q 軸方向のシフト量を前記拡大・縮小率 s として算出する回転角および拡大・縮小率算出手段と、

前記算出された回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて前記参照 $\theta - \rho$ 平面に対する前記入力 $\theta - \rho$ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正された参照 $\theta - \rho$ 平面データと前記入力 $\theta - \rho$ 平面データの各 θ において相互相関係数を求め、逆ハフ変換を行って前記平行移動量 ($x \Delta, y \Delta$) を算出する平行移動量算出手段と具えた画像照合装置。

【請求項 3】 前記参照画像に関するデータを予め記憶しておく記憶手段と、前記入力画像を外部より入力する入力手段とを更に具えた請求項 2 記載の画像照合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基準となる図形等のパターンが撮像された参照画像と検査対象の図形等が撮像された入力画像の画像照合を行う画像照合方法及び装置に関し、特に入力画像が参照画像に対して回転し、平行移動し、拡大・縮小している場合に、該入力画像の参照画像に対する回転角、平行移動量および拡大・縮小率を高速に算出して、この算出結果に基づいて両画像を照合する画像照合方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】予め登録された参照画像と、画像入力装置等から入力された入力画像を照合するためには、画像相互間での相対的な回転角、平行移動量および拡大・縮小率を算出する必要がある。これらを算出するために、一般化ハフ (Hough) 変換という手法が広く用いられる。

【0003】この種の技術として例えば特開昭 62-77689 号公報に開示されたものがあり、この公報は、一般化ハフ変換を高速に実行し得る回路をハードウェアで実現した一般化ハフ変換回路を開示している。

【0004】この一般化ハフ変換とは、任意の図形を画

像中から検出するための画像処理技術であり、回転角、平行移動量、拡大・縮小率の4次元のパラメータ空間に投票する方式である。

【0005】すなわち、一般化ハフ変換では、回転、平行移動し、拡大・縮小した画像の照合を行う際に、回転、平行移動、拡大・縮小に対応するパラメータ空間に4次元のメモリを用意する。そして、参照画像と入力画像のエッジ点間のすべての組合せについて、回転、平行移動、拡大・縮小のパラメータを求め、パラメータ空間に投票する処理を行う。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように、一般化ハフ変換によれば、回転、平行移動、拡大・縮小に対応する4次元のパラメータ空間に対応すべく、4次元のメモリを用意する必要があるため、メモリ容量が膨大になり、コストが膨大なものになるという問題が招来する。

【0007】例えば、平行移動を1画素の分解能で、回転角を1度の分解能で求めるためには、画像サイズを256画素×256画素としたとき、パラメータ空間用に数100メガバイトのメモリ容量が要求される。

【0008】また、かかる一般化ハフ変換では、入力画像と参照画像の各エッジ点間の全ての組合せから回転量、平行移動量、拡大・縮小率を求めるようにしているため、入力画像と参照画像のエッジ数の増加に伴ってエッジ点間の組合せが増大しこれによって処理時間も増大するという問題が招来する。つまりエッジ数が多い複雑な図形等の照合には時間がかかるという問題が発生する。

【0009】本発明は、こうした実状に鑑みてなされたものであり、回転し、平行移動し、拡大・縮小した画像を照合する際に、メモリ容量を小さくでき、かつ複雑な図形等が撮像された画像を照合する場合であっても処理を迅速に行うことができるようにすることを解決課題とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明の主たる発明では、参照画像に対する入力画像の回転角 ψ 、平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ および拡大・縮小率 s をそれぞれ算出し、該算出結果に基づいて参照画像と入力画像の画像照合を行うようにした画像照合方法において、前記参照画像および前記入力画像のそれぞれについてエッジ方向画像を生成するステップと、前記参照画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta-\rho$ ハフ変換を行って参照 $\theta-\rho$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta-\rho$ ハフ変換を行って入力 $\theta-\rho$ 平面データを生成するステップと、前記参照画像についての参照 $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換して参照 $\theta-p$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についての入力 $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換して入力 $\theta-p$ 平面データを生成するステップと、前記入

力 $\theta-p$ 平面の p 軸と前記参照 $\theta-p$ 平面の p 軸のそれぞれを、 q 軸に対数座標変換することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対して入力 $\theta-q$ 平面が、 q 軸方向に前記拡大・縮小率 s に応じた量だけシフトするように、当該参照 $\theta-q$ 平面データおよび入力 $\theta-q$ 平面データを生成するステップと、前記参照 $\theta-q$ 平面データと入力 $\theta-q$ 平面データとを突き合わせて2次元画像マッチング処理することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対する入力 $\theta-q$ 平面の θ 軸方向のシフト量を前記回転角 ψ として算出するとともに、参照 $\theta-q$ 平面に対する入力 $\theta-q$ 平面の q 軸方向のシフト量を前記拡大・縮小率 s として算出するステップと、前記算出された回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて前記参照 $\theta-p$ 平面に対する前記入力 $\theta-p$ 平面の θ 軸方向のシフト量および p 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正された参照 $\theta-p$ 平面データと前記入力 $\theta-p$ 平面データの各 θ において相互相関係数を求め、逆ハフ変換を行って前記平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ を算出するステップと具えるようにしている。

【0011】また、本発明の別の発明では、上述した画像照合方法と同様な画像照合装置において、前記参照画像に関するデータを予め記憶しておく記憶手段と、前記入力画像を外部より入力する入力手段とを更に具えるようにしている。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0013】図1は、本実施の形態で用いる画像照合装置10の構成を示す図である。

【0014】図1に示すように、この画像照合装置10は、予め準備した参照画像と入力画像から、ハフ変換により得られる $\theta-p$ 平面データをさらにフーリエ変換して $\theta-q$ 平面データ、更に $\theta-q$ 平面データを算出し、この $\theta-q$ 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を求めるとともに、求めた回転角、拡大・縮小率を用いて $\theta-p$ 平面レベルで平行移動量を求めるよう構成したものである。

【0015】具体的には、この画像照合装置10は、入力手段としての画像入力部11と、 $\theta-q$ 平面作成部12と、エッジ画像生成手段としてのエッジ検出部13と、ハフ変換手段としてのハフ変換処理部14と、フーリエ変換手段としてのフーリエ変換処理部15と、回転角および拡大・縮小率算出手段ないしは平行移動量算出手段としての移動量算出部16と、記憶手段としての参照データ記憶部17と、逆ハフ変換処理部18と、対数座標変換手段としての対数座標変換処理部19とからなる。

【0016】尚、前記エッジ画像生成手段と、ハフ変換手段と、フーリエ変換手段と、対数座標変換手段とは、各々、 $\theta-q$ 平面作成部12を含む。

【0017】すなわち、 $\theta-q$ 平面作成部12では、エ

ッジ方向画像を作成する際にエッジ検出部 13 を使用し、 $\theta-\rho$ 平面データを作成する際にはハフ変換処理部 14 を使用し、 $\theta-p$ 平面データを作成する際にはフーリエ変換処理部 15 を使用し、更に対数座標変換処理部 19 を使用して対数座標変換処理を行い、 $\theta-p$ 平面データを $\theta-q$ 平面データに変換する。

【0018】画像入力部 11 は、予め準備した参照濃度画像 $R(x, y)$ と入力濃度画像 $I(x, y)$ を入力する処理部であり、入力された各画像を $\theta-q$ 平面作成部 12 に出力する。

【0019】 $\theta-q$ 平面作成部 12 は、エッジ検出部 13、ハフ変換処理部 14、フーリエ変換処理部 15 および対数座標変換処理部 19 を用いて、入力された画像からエッジ方向画像、 $\theta-\rho$ 平面データ、 $\theta-p$ 平面データおよび $\theta-q$ 平面データを順次作成し、 $\theta-\rho$ 平面データ及び $\theta-q$ 平面データを移動量算出部 16 に出力する。

【0020】具体的には、エッジ検出部 13 を用いて入力された画像からエッジ方向画像を作成し、その後ハフ変換処理部 14 を用いてエッジ方向画像をハフ変換する。さらに、このハフ変換により得られる $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換処理部 15 を用いてフーリエ変換し、 $\theta-p$ 平面データを作成し、さらに対数座標変換処理部 19 を用いて p 軸を q 軸に対数座標変換して、 $\theta-q$ 平面データを作成する。

【0021】すなわち、この $\theta-q$ 平面作成部 12 では、入力された画像が参照濃度画像 $R(x, y)$ である場合には、該 $R(x, y)$ に対応する参照 $\theta-q$ 平面データを作成し、また入力された画像が入力濃度画像 $I(x, y)$ である場合には、該 $I(x, y)$ に対応する入力 $\theta-q$ 平面データを作成する。

【0022】例えば、入力された画像が $R(x, y)$ である場合には、まず最初にエッジ検出部 13 を用いて参照エッジ方向画像 $Re(x, y)$ を作成し、次に、この $Re(x, y)$ をハフ変換処理部 14 によりハフ変換し、参照 $\theta-\rho$ 平面データ $h0(\theta, \rho)$ を作成する。さらに、この $h0(\theta, \rho)$ をフーリエ変換処理部 15 を用いてフーリエ変換し、参照 $\theta-p$ 平面データ $H0(\theta, p)$ を作成し、さらに、この $H0(\theta, p)$ を対数座標変換処理部 19 により対数座標変換して、参照 $\theta-q$ 平面データ $H0(\theta, q)$ を作成する。

【0023】 $h0(\theta, \rho)$ 及び $H0(\theta, q)$ を受け取った移動量算出部 16 は、この $h0(\theta, \rho)$ 及び $H0(\theta, q)$ を参照データとして、参照データ記憶部 17 に格納する。

【0024】エッジ検出部 13 は、濃度画像に対してガウスラプラシアンフィルタを適用して、ガウスラプラシアンフィルタの正負の符号が x 軸方向又は y 軸方向に変化する点（以下「ゼロクロス点」と言う。）を求めてエッジ点を検出するとともに、かかるゼロクロス点の

位置に対してソーベルオペレータを適用することによりノイズの除去を図りつつエッジ強度 E_m 及びエッジ方向 E_θ を算定し、該エッジ強度 E_m が所定のしきい値以上であることを条件としてそのエッジ方向 E_θ をエッジ方向画像に格納する処理部である。

【0025】具体的には、本発明では、特開平 5-151352 号公報に開示されるゼロクロス点に基づくエッジ検出方法を用いて、 $R(x, y)$ に対応する $Re(x, y)$ および $I(x, y)$ に対応する $Ie(x, y)$ を作成する。

【0026】ハフ変換処理部 14 は、エッジ検出部 13 が作成したエッジ方向画像をハフ変換して $\theta-\rho$ 平面データを作成する処理部であり、具体的には、 $Re(x, y)$ に対応する $h0(\theta, \rho)$ および $Ie(x, y)$ に対応する $h1(\theta, \rho)$ を作成する。

【0027】フーリエ変換処理部 15 は、ハフ変換処理部 14 が作成した $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換して $\theta-p$ 平面データを作成する処理部であり、具体的には、 $h0(\theta, \rho)$ に対応する $H0(\theta, p)$ および $h1(\theta, \rho)$ に対応する $H1(\theta, p)$ を作成する。

【0028】対数座標変換処理部 19 は、フーリエ変換処理部 15 が作成した $\theta-p$ 平面の p 軸を、対数座標軸 q 軸に対数座標変換処理する処理部であり、具体的には、 $H0(\theta, p)$ に対応する $H0(\theta, q)$ および $H1(\theta, p)$ に対応する $H1(\theta, q)$ を作成する。

【0029】移動量算出部 16 は、 $\theta-q$ 平面作成部 12 から入力される入力データ $h1(\theta, \rho)$ 及び $H1(\theta, q)$ と参照データ記憶部 17 に格納された参照データ $h0(\theta, \rho)$ 及び $H0(\theta, q)$ を用いて、入力濃度画像 $I(x, y)$ に含まれる図形（検査対象物）の、参照濃度画像 $R(x, y)$ に含まれる図形（基準となる形状パターン）に対する回転角、平行移動量および拡大・縮小率を算出しこれを出力する処理部である。

【0030】具体的には、この移動量算出部 16 は、ハフ変換を行った $\theta-\rho$ 平面をさらにフーリエ変換した $\theta-q$ 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を算出するとともに、これら回転角および拡大・縮小率により補正された $\theta-\rho$ 平面レベルで平行移動量を算出する。このように $\theta-\rho$ 平面をさらにフーリエ変換し、補正した $\theta-\rho$ 平面で平行移動量を算出した理由は、まず、平行移動の影響を除去した上で回転角および拡大・縮小率を迅速に求め、その後これら回転角、拡大・縮小率の影響を除去した上で平行移動量を迅速に求めるためである。

【0031】また、この移動量算出部 16 が、参照データすなわち $h0(\theta, \rho)$ 及び $H0(\theta, q)$ を $\theta-q$ 平面作成部 12 から受け取った場合には、かかる参照データを参照データ記憶部 17 に記憶する処理を行う。このため、その細部の説明は省略するが、 $\theta-q$ 平面作成部 12 が移動量算出部 16 に対して参照データを出力する際には、出力するデータが参照データであることを示す

識別フラグ等を当該参照データに付与するようにしている。

【0032】参照データ記憶部17は、参照濃度画像R(x, y)に対応する θ - ρ 平面データ $h0(\theta, \rho)$ 及び θ - q 平面データ $H0(\theta, q)$ を参照データとして記憶する記憶部であり、かかる参照データは移動量算出部16によりアクセスされる。

【0033】逆ハフ変換処理部18は、移動量算出部16が平行移動量を算出する際に使用する処理部であり、具体的には、この移動量算出部16が参照 θ - ρ 平面と入力 θ - ρ 平面との間で算出した相関係数を記憶した ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ について逆ハフ変換を実行する。

【0034】このように、この画像照合装置10は、参照濃度画像R(x, y)と入力濃度画像I(x, y)を照合する際に、それぞれハフ変換を行った後にフーリエ変換して θ - q 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を求めるとともに、該回転角および拡大・縮小率に基づいて θ - ρ 平面レベルで平行移動量を算出するものである。

【0035】次に、上記画像照合装置10の処理手順について説明する。ただし、ここでは、参照データは既に参照データ記憶部10に設定済みであるものとする。

【0036】図2は、図1に示す画像照合装置10の処理手順を示すフローチャートである。

【0037】同図2に示すように、この画像照合装置10は、入力濃度画像I(x, y)が入力されると、 θ - q 平面作成部12がエッジ検出部13を用いてI(x, y)からエッジ方向画像Ie(x, y)を作成する(ステップ201)。

【0038】そして、 θ - q 平面作成部12は、ハフ変換処理部14を用いてIe(x, y)をハフ変換して θ - ρ 平面データ $h1(\theta, \rho)$ を作成した後(ステップ202)、フーリエ変換部15を用いて $h1(\theta, \rho)$ をさらにフーリエ変換し θ - p 平面データ $H1(\theta, p)$ を作成する(ステップ203)。

【0039】さらに、 θ - q 平面作成部12は、対数座標変換処理部19を用いて θ - p 平面(θ, p)の p 軸を、 q 軸という対数座標軸に対数座標変換して、 θ - q 平面データ $H1(\theta, q)$ を作成する(ステップ204)。

【0040】そして、移動量算出部16は、予め作成し参照データ記憶部17に予め記憶しておいた同様な対数座標変換後の参照データ $H0(\theta, q)$ を当該参照データ記憶部17から読み出す(ステップ205)。

【0041】ついで、ステップ204で作成されたフーリエ対数座標変換画像 $H1(\theta, q)$ と、ステップ205で参照データ記憶部17から読み出されたフーリエ対数座標変換画像 $H0(\theta, q)$ とを用いて、これらの2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ を計算する(ステップ20

6)。

【0042】そして、この2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ が最大となる θ, q の位置より回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求める(ステップ207)。

【0043】次に、この移動量算出部16は、これら回転角 ψ および拡大・縮小率 s に基づいて参照 θ - ρ 平面に対する入力 θ - ρ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正した参照 θ - ρ 平面データ $h0(\theta, \rho)$ と入力 θ - ρ 平面データ $h1(\theta, \rho)$ の各 θ について ρ 軸方向にシフトしながら正規化相関係数を計算し、その相関係数の最大値の位置を検出して、相関係数を記憶した ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を作成する(ステップ208)。

【0044】そして、移動量算出部16は、逆ハフ変換処理部18を用いて ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を逆ハフ変換して逆ハフ変換画像Inv(x, y)を作成し、その最大値の位置を求めて平行移動量($x\Delta, y\Delta$)を算出する(ステップ209)。

【0045】上記一連の処理を行うことにより、 θ - q 平面レベルで回転角 ψ および拡大・縮小率 s を求めるとともに、該回転角 ψ および拡大・縮小率 s に基づいて θ - ρ 平面レベルで平行移動量($x\Delta, y\Delta$)を求めることが可能となる。なお、上記処理手順においては、Re(x, y)、 $h0(\theta, \rho)$ 、 $H0(\theta, p)$ 、 $H0(\theta, q)$ の作成手順についての説明を省略したが、これらについても、入力濃度画像I(x, y)の場合と同様にステップ201～204を実行することにより作成することができる。

【0046】次に、図2のステップ201に示すエッジ方向画像の作成手順について具体的に説明する。

【0047】図3は、図2のステップ201のエッジ方向画像の作成手順を示すフローチャートである。

【0048】図3に示すように、エッジ検出部13では、まず最初にゼロクロス点を求めるために、入力濃度画像I(x, y)に対して次式に示すガウスラプラシアンフィルタを適用し、ラプラシアン画像Ig(x, y)を作成する(ステップ301)。

【0049】

$$\nabla^2 G(x, y) = \frac{-1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

そして、Ig(x, y)の注目画素が負で、かつ、その4近傍の画素のうち少なくとも1つの画素の画素値が正であるか否かを確認し(ステップ302)、かかる条件が成立する場合には、I(x, y)に対してソーベル(Sobel)の微分オペレータを適用してエッジ強度Emを算出する(ステップ303)。

【0050】そして、このエッジ強度Emが所定のしきい値以上であれば、エッジ方向E θ を計算してエッジ方向画像Ie(x, y)に格納し、しきい値未満の場合には、次画素の処理に移行する(ステップ305)。

【0051】このように、上記ゼロクロス点は、 σ の値を小さくして画像の詳細なエッジを検出しようとするとき、ノイズのエッジ点に対応するものが増えるという性質を有するため、かかるノイズのゼロクロス点の位置に対してソーベルオペレータを適用することにより、ノイズのゼロクロス点の除去を図っている。

【0052】そして、注目画素を移行させながらかかるステップ302～305の処理を繰り返し（ステップ306）、全ての画素に対する処理を終了したならば、このエッジ方向画像処理を終了する。

【0053】このように、このエッジ検出部13は、特開平5-151352号公報に開示されたエッジ検出方法と同様の手法を用いてエッジ方向画像 $le(x, y)$ を作成している。

【0054】なお、上記ソーベルの微分オペレータは、図4に示すように、 x 方向のマスコペレータ40と y 方向のマスコペレータ41から構成され、 x 方向のマスコペレータ40からの出力を M_x 、 y 方向のマスコペレータ41からの出力を M_y とすると、エッジ強度 E_m 及びエッジ方向 E_θ は次式により算出される。

【0055】

$$\begin{aligned} E_m &= \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \\ E_\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{M_y}{M_x}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

また、ここでは、ソーベルの微分オペレータを用いた場合について説明したが、ロバーツ (Robert) やロビンソン (Robinson) 等の各種微分オペレータを適用することも可能である。

【0056】次に、図2のステップ202に示す $\theta-\rho$ 平面データの作成手順について具体的に説明する。

【0057】図5は、図2のステップ202の $\theta-\rho$ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【0058】図5に示すように、ハフ変換処理部14は、エッジ方向画像 $le(x, y)$ が入力されると（ステップ501）、この $le(x, y)$ がエッジ点であるか否かを確認し（ステップ502）、エッジ点である場合には、角度変数 θ を

$$\theta = E_\theta - \Delta\theta$$

に設定する（ステップ503）。なお、この $\Delta\theta$ は、実験を踏まえて妥当な値が設定される。

【0059】次に、

$$\begin{aligned} \rho &= x \cos \theta + y \sin \theta \\ (E_\theta - \Delta\theta < \theta < E_\theta + \Delta\theta) \end{aligned} \quad (3)$$

を算出するとともに、その算出値に対応する $h_1(\theta, \rho)$ に+1加算（投票）する（ステップ504）。

【0060】そして、角度変数 θ をインクリメントし（ステップ505）、該角度変数 θ が $E_\theta - \Delta\theta$ から $E_\theta + \Delta\theta$ の範囲内である限り、上記ステップ504及び

505の処理を繰り返す（ステップ506）。

【0061】そして、かかる処理をエッジ方向画像 $le(x, y)$ の全画素について繰り返し（ステップ507）、全画素の処理を終えた時点で、この $\theta-\rho$ ハフ変換処理を終了する。

【0062】すなわち、 $le(x, y)$ がエッジ点である場合には、角度変数 θ を $E_\theta - \Delta\theta$ から $E_\theta + \Delta\theta$ まで変位させつつ ρ を算出し、その θ 及び ρ の組み合わせに対応する $h_1(\theta, \rho)$ に+1加算していくことにより、 $h_1(\theta, \rho)$ を作成している。

【0063】なお、ここでは入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $h_1(\theta, \rho)$ を作成する場合について説明したが、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $h_0(\theta, \rho)$ についても同様に作成することができる。

【0064】次に、図2のステップ203に示すフーリエ変換処理、つまり $\theta-\rho$ 平面データの作成手順について具体的に説明する。

【0065】ここで、入力濃度画像 $I(x, y)$ は、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対して、拡大・縮小率 s で拡大・縮小され、さらに回転角 ψ をもって回転され、さらに平行移動量 (x_Δ, y_Δ) だけ平行移動されている。

【0066】こうした (x, y) 空間上での拡大・縮小、回転、平行移動は、 (θ, ρ) 空間上では下式に示される変換で表される。

【0067】

$$h_1(\theta, \rho) = h_0\left(\theta - \psi, \frac{\rho - t \cos(\theta - \kappa)}{s}\right) \quad (4)$$

ただし、

$$t = \sqrt{x_\Delta^2 + y_\Delta^2} \quad (5)$$

$$\kappa = \tan^{-1}\left(\frac{y_\Delta}{x_\Delta}\right) \quad (6)$$

である。

【0068】そこで、 (θ, ρ) 空間から、こうした平行移動の影響を除去するために、入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $h_1(\theta, \rho)$ および参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $h_0(\theta, \rho)$ それぞれについて、 ρ 軸方向の1次元のフーリエ変換を行い、その後周波数 p が $p \geq 0$ の領域のパワースペクトル密度を計算してフーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ 、 $H_0(\theta, p)$ を求めるようにしている。

【0069】すなわち、図6は、かかる $\theta-p$ 平面データの作成手順を示すフローチャートであり、同図6に示すように、フーリエ変換処理部15は、まず、ハフ変換処理部14が作成した入力 $\theta-\rho$ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ を入力する（ステップ601）。ついで、角度変数 θ をゼロに初期設定した後（ステップ602）、FFTすなわち高速フーリエ変換により $h_1(\theta, \rho)$ において ρ 軸方向の1次元フーリエ変換を行い、そのパ

ワーを $H_1(\theta, p)$ に格納する。つまり周波数 p が $p \geq 0$ の領域のパワースペクトル密度を計算してフーリエ

$$H_0(\theta, p) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} h_0(\theta, \rho) \cdot e^{-j2\pi p \rho} d\rho \right| \quad (7)$$

$$H_1(\theta, p) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} h_1(\theta, \rho) \cdot e^{-j2\pi p \rho} d\rho \right| \quad (8)$$

(ステップ 603)。

【0071】そして、角度変数 θ をインクリメントした後に (ステップ 604)、該 θ が θ_{\max} 未満であるか否かを確認し (ステップ 605)、 θ_{\max} 未満である場合にはステップ 603 及び 604 の処理を繰り返し、やがて θ_{\max} 以上となった時点で処理を終了する。

【0072】なお、ここでは入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $H_1(\theta, p)$ を作成する場合について説明したが、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, p)$ についても上記 (7) 式のごとく同様に作成することができる。

【0073】上記 (4)、(7)、(8) 式より $H_0(\theta, p)$ と $H_1(\theta, p)$ との関係は下記 (9) 式のように表され、(4) 式との比較から平行移動の影響が除去されているのがわかる。

$$H_1(\theta, p) = s H_0(\theta - \psi, sp) \quad (9)$$

次に、図 2 のステップ 204 に示す対数座標変換処理の手順について具体的に説明する。

【0075】ここで、対数座標変換処理をする理由は、以下のとおりである。

【0076】すなわち、拡大・縮小率 s をもって入力濃度画像 $I(x, y)$ が参照濃度画像 $R(x, y)$ に対して拡大、縮小している場合には、入力フーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ は参照フーリエ変換画像 $H_0(\theta, p)$ に対して p 軸方向に縮小、拡大したものになっている (例えば、入力濃度画像 $I(x, y)$ が参照濃度画像 $R(x, y)$ に対して拡大しているときは、 p 軸方向に縮む関係となる)。

【0077】このまま、拡大・縮小率 s を求めたのでは、演算処理が煩雑なものとなり、処理に時間を要することとなる。

【0078】そこで、周波数 p 軸を、周波数の対数座標軸 q 軸に対数座標変換することにより、 p 軸方向に画像が伸縮している関係を、 q 軸方向に画像が平行移動している関係に変換する。つまり、参照 $\theta - q$ 平面に対して入力 $\theta - q$ 平面を、 q 軸方向に拡大・縮小率 s に応じた量だけシフト (平行移動) させるようにする。

【0079】このように q 軸方向に平行移動している関係にすることによって拡大・縮小率 s を求める演算処理が簡易なものとなり、処理時間が短縮されることとな

変換画像 $H_1(\theta, p)$ を下記 (8) 式のごとく求める。
【0070】

る。

【0080】図 7 は、こうした対数座標変換処理の手順を示すフローチャートであり、同図 7 に示すように、対数座標変換処理部 19 は、まず θ をゼロに初期設定するとともに (ステップ 701)、 q をゼロに初期設定する (ステップ 702)。

【0081】ついで、 q に対応する p を下記 (25) 式、

$$p = c \cdot \exp(q) \quad (25)$$

(ただし、 c は定数) から求める。つまり、対数座標軸 q 上の座標位置に対応する p 軸上の座標位置を求める (ステップ 703)。

【0082】こうして p と q の対応関係が判明したならば、下記 (26) 式に示すように、フーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ を、対応するフーリエ対数座標変換画像 $H_1(\theta, q)$ に変換する。

$$H_1(\theta, q) = H_1(\theta, p) \quad (26)$$

(ステップ 704) つぎに、対数座標変換のサンプリング誤差の影響を軽減するために、 q 軸方向にハニング窓を掛ける処理を行う。

【0084】つまり、下記 (27) 式に示すように、ステップ 704 で取得された $H_1(\theta, q)$ にハニング窓関数 $W(q)$ を乗算したものを、新たな $H_1(\theta, q)$ とする。

$$W(q) = 0.5 (1 + \cos(\pi q / q_{\max}))$$

$$H_1(\theta, q) = W(q) \cdot H_1(\theta, q) \quad (27)$$

ただし、 q_{\max} は q の最大値である (ステップ 705)。

【0086】ついで、 q をインクリメントし (ステップ 706)、 q が最大値 q_{\max} 未満であれば (ステップ 707 の判断 YES)、更新した q に対して同様な処理 (ステップ 703～ステップ 706) を繰り返すが、やがて q が最大値 q_{\max} に達すると (ステップ 707 の判断 NO)、つぎのステップ 708 に移行される。

【0087】今度は、 θ がインクリメントされ、 θ が最大値 θ_{\max} 未満であれば (ステップ 708 の判断 YES)、更新した θ に対して q を再度ゼロにした上で同様な処理 (ステップ 702～ステップ 707) を繰り返すが、やがて θ が最大値 θ_{\max} に達すると (ステップ 708 の判断 NO)、この対数座標変換処理を終了させる。

【0088】なお、ここでは入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $H_1(\theta, q)$ を作成する場合について説明したが、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, q)$ についても同様に作成することができる。

【0089】こうした取得された $H_1(\theta, q)$ と $H_0(\theta, q)$ の関係は、下記(10)式のように表される。

【0090】

$$H_1(\theta, q) = s \cdot H_0(\theta - \psi, q + \lambda) \quad (10)$$

ただし、

$$q = \log p \quad (11)$$

$$\lambda = \log s \quad (12)$$

である。

【0091】このように入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $H_1(\theta, q)$ は、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, q)$ を、 q 軸方向に $-\lambda$ 、 θ 軸方向に ψ だけシフトしたものと表すことができる。

【0092】よって、この q 軸方向のシフト量 $-\lambda$ を算出することができれば、拡大・縮小率 s を上記(12)式の関係より求めることができ、 θ 軸方向のシフト量 ψ を算出することができれば、回転角 ψ を求めることができる。

【0093】そこで、こうした q 軸方向のシフト量 $-\lambda$ 、 θ 軸方向のシフト量 ψ を求めるべく、移動量算出部16は、まず、参照データ記憶部17に予め記憶してお

$$F_0(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} H_0(\theta, q) \cdot e^{-j(u\theta + vq)} d\theta dq \quad (13)$$

$$F_1(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} H_1(\theta, q) \cdot e^{-j(u\theta + vq)} d\theta dq \quad (14)$$

ここで、上記(10)式とこれら(13)、(14)式を用いて、 $F_0(u, v)$ と $F_1(u, v)$ との関係式(15)を得る。

【0097】

$$F_1(u, v) = s \cdot e^{-j(\psi u - \lambda v)} \cdot F_0(u, v) \quad (15)$$

そこで、 $F_0(u, v)$ をパワーと位相に分けると、下記(16)式のように表され、 $F_1(u, v)$ については上記(15)式より下記(17)式のように表される。

【0098】

$$F_0(u, v) = |F_0(u, v)| e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (16)$$

$$F_1(u, v) = |s F_0(u, v)| e^{-j(\psi u - \lambda v)} e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (17)$$

この結果、 $F_0(u, v)$ 、 $F_1(u, v)$ の位相成分はそれぞれ下記(18)、(19)式のように表される。

いた対数座標変換後の参照データ $H_0(\theta, q)$ を当該参照データ記憶部17から読み出し(ステップ205)、この読み出されたフーリエ対数座標変換画像 $H_0(\theta, q)$ とステップ204で作成されたフーリエ対数座標変換画像 $H_1(\theta, q)$ とを用いて、これらの2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ を計算する(ステップ206)。その後、この2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ が最大となる θ 、 q の位置より回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求める(ステップ207)。

【0094】図8は、こうした2次元相関係数 Cr

(θ, q) の演算処理および回転角 ψ 、拡大・縮小率 s の算出処理の手順を示すフローチャートであり、同図8に示すように、まず $H_1(\theta, q)$ を2次元フーリエ変換して $F_1(u, v)$ を求める(ステップ801)。ついで、この $F_1(u, v)$ の各成分のパワーを1.0に正規化して $F_1\phi(u, v)$ を求める(ステップ802)。参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, q)$ についても同様の処理が実行され、この結果作成された $F_0\phi(u, v)$ が記憶部に予め記憶されている。そこで、この $F_0\phi(u, v)$ が読み出される(ステップ803)。

【0095】かかる一連の処理について更に詳しく説明すると、まず、 $H_0(\theta, q)$ 、 $H_1(\theta, q)$ それぞれが2次元フーリエ変換されて下記(13)、(14)式に示すように $F_0(u, v)$ 、 $F_1(u, v)$ が求められる。

【0096】

$$F_0^\phi(u, v) = e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (18)$$

$$F_1^\phi(u, v) = e^{-j(\psi u - \lambda v)} \cdot e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (19)$$

そこで、こうした取得された $F_0\phi(u, v)$ 、 $F_1\phi(u, v)$ を用いて $F_1\phi(u, v)$ と、 $F_0\phi(u, v)$ * の積を下記(20)、(21)、(22)式に示すように逆フーリエ変換して $H_0(\theta, q)$ と $H_1(\theta, q)$ の相関値(2次元相関係数) $Cr(\theta, q)$ を求める。

【0100】

$$C_r(\theta, q) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F_1^\phi(u, v) F_0^\phi(u, v)^* \cdot e^{j(u\theta + vq)} du dv \quad (20)$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j(\varphi u - \lambda v)} \cdot e^{j(u\theta + vq)} du dv \quad (21)$$

$$= \delta(\theta - \varphi, q - (-\lambda)) \quad (22)$$

ただし、 $F_0^\phi(u, v)^*$ は、 $F_0^\phi(u, v)$ の複素共役である(ステップ804)。

【0101】このようにして求められた相関値 $C_r(\theta, q)$ はデルタ関数になっているのがわかる(上記(22)式参照)。そして、このデルタ関数 $C_r(\theta, q)$ は、 $\theta = \varphi$ 、 $q = -\lambda$ の座標位置で最大値をとる。そこで、 $C_r(\theta, q)$ 平面から最大値をとる座標位置 $\theta = \varphi$ 、 $q = -\lambda$ を検出し(ステップ805)、この検出位置 $(\varphi, -\lambda)$ に基づき、回転角 ψ を求めるとともに、拡大・縮小率 s を、上記(12)式に基づく変換式、

$$s = k \cdot \exp(-\lambda) \quad (28)$$

(k は定数)により求めるようにする(ステップ806)。

【0102】以上、この図8では、 $H_0(\theta, q)$ に対する $H_1(\theta, q)$ の、 θ 軸方向のシフト量、 q 軸方向のシフト量を求めるために、2次元フーリエ変換の位相を利用したフーリエ位相変換法を用いるようにしたが、通常のマッチトフィルタや2次元相関によって求める実施も可能である。

【0103】次に、図2のステップ208に示す ρ 相互相関画像 $C_\rho(\theta, \rho)$ の作成手順について具体的に説明する。

【0104】図9は、図2のステップ208の ρ 相互相関画像 $C_\rho(\theta, \rho)$ の作成手順を示すフローチャートである。

$$C_\rho(\theta, \Delta\rho) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (h_1(\theta, \rho + \Delta\rho) - h_1)(h_0(\theta, \rho) - h_0) d\rho}{\int_{-\infty}^{\infty} (h_1(\theta, \rho) - h_1)^2 d\rho \int_{-\infty}^{\infty} (h_0(\theta, \rho) - h_0)^2 d\rho} \quad (23)$$

次に、図2のステップ209に示す逆ハフ変換画像 $\ln v(x, y)$ の作成手順について説明する。

【0113】図10は、図2のステップ209の逆ハフ変換画像 $\ln v(x, y)$ の作成手順を示すフローチャートである。

【0114】同図10に示すように、移動量算出部16は、 ρ 相互相関画像 $C_\rho(\theta, \rho)$ を作成したならば(ステップ1001)、角度変数 θ をゼロに初期設定した後に(ステップ1002)、 ρ に $-\rho_{\max}$ を設定する(ステップ1003)。

【0115】そして、この $C_\rho(\theta, \rho)$ が該 $C_\rho(\theta, \rho)$ の最大値である C_{\max} よりも大きいか否かを判断し(ステップ1004)、 C_{\max} よりも大きな場合

【0105】同図9に示すように、移動量算出部16は、図8に示す処理により回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求めたならば、入力 θ - ρ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ 及び参照 θ - ρ 平面データ $h_0(\theta, \rho)$ を入力して、求めた回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて参照 θ - ρ 平面に対する入力 θ - ρ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正する(ステップ901)。

【0106】ついで、角度変数 θ をゼロに初期設定し(ステップ902)、ずらし量 $\Delta\rho$ に $-\rho_{\max} \times 2$ を代入する(ステップ903)。

【0107】そして、回転角 ψ 、拡大・縮小率 s によって補正した $h_0(\theta, \rho)$ と $h_1(\theta, \rho)$ の正規化相互相関係数を計算して ρ 相互相関画像 $C(\theta, \Delta\rho)$ に記憶し(ステップ904)、 $\Delta\rho$ をインクリメントする(ステップ905)。

【0108】その後、この $\Delta\rho$ が $\rho_{\max} \times 2$ 未満であるか否かを確認し(ステップ906)、 $\rho_{\max} \times 2$ 未満である場合には、ステップ904に移行して上記ステップ904及び905の処理を繰り返す。

【0109】これに対して、 $\Delta\rho$ が $\rho_{\max} \times 2$ 以上となった場合には、角度変数 θ をインクリメントした後に(ステップ907)、該角度変数 θ が θ_{\max} 未満である場合にはステップ903に移行する(ステップ908)。

【0110】すなわち、この移動量算出部16では、 $h_0(\theta, \rho)$ と $h_1(\theta, \rho)$ の各 θ について、 ρ 軸方向にずらしながら1次元の正規化相互相関係数を計算し、 ρ 相互相関画像 $C_\rho(\theta, \rho)$ を作成している。

【0111】ずらし量が $\Delta\rho$ である場合の1次元の正規化相互相関係数は、次式により算出される。

【0112】

には、この $C_\rho(\theta, \rho)$ を C_{\max} に代入して C_{\max} を更新するとともに、この時の ρ を ρ_k に代入する(ステップ1005)。したがって、この ρ_k には、 C_{\max} が最大である場合における ρ の値が格納される。

【0116】次に、この ρ をインクリメントし(ステップ1006)、 ρ が ρ_{\max} 未満であるか否かを確認し(ステップ1007)、 ρ_{\max} 未満である場合には、ステップ1004～1006の処理を繰り返す。

【0117】これに対して、 ρ が ρ_{\max} 以上となった場合には、 $C_\rho(\theta, \rho_k)$ を逆ハフ変換する。つまり、逆ハフ変換処理部18では、 $C_\rho(\theta, \rho)$ 上の点 (θ, ρ_k) を、

$$\begin{aligned}\rho_k &= x \cos \theta + y \sin \theta \\ y &= -\frac{1}{\tan \theta} x + \frac{\rho_k}{\sin \theta}\end{aligned}\quad (24)$$

の式で示す直線に変換する処理が実行される。

【0118】そして、この逆ハフ変換後の $\text{Inv}(x, y)$ 平面上の直線

$$y = -(1/\tan \theta)x + \rho_k / \sin \theta$$

上に $C\rho(\theta, \rho_k)$ の値を加算する(ステップ1008)。

【0119】そして、角度変数 θ をインクリメントした後に(ステップ1009)、該 θ が θ_{\max} 未満であるか否かを確認し(ステップ1010)、 θ_{\max} 未満である場合にはステップ1003に移行する。

【0120】すなわち、この移動量算出部16では、 $C\rho(\theta, \rho)$ から各 θ で最大値をとる位置 (θ, ρ_k) を検出し、その位置で逆ハフ変換を行って逆ハフ変換画像 $\text{Inv}(x, y)$ を作成している。

【0121】そして、この逆ハフ変換画像 $\text{Inv}(x, y)$ の最大値の位置 (X_{\max}, Y_{\max}) が平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ となる。

【0122】次に、本発明に係わる画像照合装置10を文字の照合に適用した場合の処理結果について説明する。

【0123】図11は、図1に示す画像照合装置10を文字の照合に適用した場合にディスプレイ上に表示される中間調画像を示す写真である。

【0124】ここで、図11(a)は、文字(「万」)の参照濃度画像 $R(x, y)$ であり、この参照濃度画像 $R(x, y)$ からエッジ方向を抽出した参照エッジ方向画像 $Re(x, y)$ は、図11(b)に示すようになる。

【0125】そして、この $Re(x, y)$ に対してハフ変換を施すと、図11(e)に示すような帯状の模様を持つ参照 θ - ρ 平面データ $h_0(\theta, \rho)$ となり、さらにこの $h_0(\theta, \rho)$ をフーリエ変換すると、図11

(g)に示すような参照 θ - p 平面データ $H_0(\theta, p)$ が得られる。さらにこの $H_0(\theta, p)$ の p 軸を q 軸に対数座標変換すると、図11(i)に示すような参照 θ - q 平面データ $H_0(\theta, q)$ が得られる。

【0126】一方、図11(c)は、文字(「万」)の入力濃度画像 $I(x, y)$ である。

【0127】例えば、箱を仕分け等するために、箱に貼って有るラベルの文字を光学的に読みとる場合を想定すると、この図11(c)に示すように、読みとられた文字は、参照濃度画像 $R(x, y)$ 上の文字に対して、回転し、平行移動し、拡大(縮小)していることがある。

【0128】この入力濃度画像 $I(x, y)$ からエッジ方向を抽出した入力エッジ方向画像 $Ie(x, y)$ は、図11(d)に示すようになる。

【0129】そして、この $Ie(x, y)$ に対してハフ

変換を施すと、図11(f)に示すような入力 θ - ρ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ となり、さらにこの $h_1(\theta, \rho)$ をフーリエ変換すると、図11(h)に示すような入力 θ - p 平面データ $H_1(\theta, p)$ が得られる。さらにこの $H_1(\theta, p)$ の p 軸を q 軸に対数座標変換すると、図11(j)に示すような入力 θ - q 平面データ $H_1(\theta, q)$ が得られる。

【0130】ここで、この $h_1(\theta, \rho)$ が $h_0(\theta, \rho)$ に比して帯のうねりが見られる理由は、文字の姿勢角と位置が異なるためである。

【0131】また、入力濃度画像 $I(x, y)$ が参照濃度画像 $R(x, y)$ に対して拡大しているために、入力フーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ は参照フーリエ変換画像 $H_0(\theta, p)$ に対して p 軸方向に縮んでいるのがわかる。

【0132】また、こうした p 軸方向に画像が縮んでいる関係は、対数座標変換された $H_1(\theta, q)$ 、 $H_0(\theta, q)$ をみると、 q 軸方向に画像が平行移動している関係に変換されているのがわかる。つまり、画像 $H_0(\theta, q)$ を下方にシフトさせたものが画像 $H_1(\theta, q)$ であることがわかる。

【0133】さて、図11(k)は、相関値 $Cr(\theta, q)$ 平面であり、この相関値 $Cr(\theta, q)$ 平面は、他の点とは明らかに区別できる最大輝度の座標位置を有していることがわかる(最大輝度をとる座標位置が、 $\theta = \psi$ 、 $q = -\lambda$ である)。

【0134】また、図11(l)は、 $h_1(\theta, \rho)$ と $h_0(\theta, \rho)$ の各 θ について、 ρ 軸方向にずらしながら計算した ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を示す図であり、図11(m)は、 $C\rho(\theta, \rho)$ から各 θ で最大値を持つ位置 (θ, ρ_k) を検出し、その位置で逆ハフ変換を行った逆ハフ変換画像 $\text{Inv}(x, y)$ である。

【0135】上述してきたように、本実施の形態では、 θ - q 平面作成部12がエッジ検出部13、ハフ変換処理部14、フーリエ変換処理部15および対数座標変換処理部19を用いて入力画像に対応する $h_1(\theta, \rho)$ 及び $H_1(\theta, p)$ を作成し、さらにこれに対数座標変換した $H_1(\theta, q)$ を作成し、移動量算出部16がこの $H_1(\theta, q)$ と参照データ記憶部17に記憶した $H_0(\theta, q)$ を比較して θ - q 平面レベルで回転角 ψ および拡大・縮小率 s を求めるとともに、該回転角 ψ および拡大・縮小率 s に基づいて θ - ρ 平面レベルで平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ を算出するよう構成したので、照合に必要なメモリサイズを抑制しつつ、画像のエッジ数が増加した場合であっても処理所要時間を低減することができる。

【0136】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、ハフ変換を行った θ - ρ 平面をさらにフーリエ変換した θ - q 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を算出すると

もに、これら回転角および拡大・縮小率により補正された $\theta-\rho$ 平面レベルで平行移動量を算出するようにしたので、平行移動の影響を除去した上で回転角および拡大・縮小率を迅速に求めることができる。そして同時にメモリ容量も小さくすることができる。

【0137】このため、一般化ハフ変換から、回転角、平行移動量、拡大・縮小率を求める場合に比較して、メモリ容量が飛躍的に低減され、画像のエッジ数が増加した場合であっても処理時間が大幅に短縮される。

【0138】とりわけ、回転角および拡大・縮小率を求める際に、周波数 p 軸を、周波数の対数座標軸 q 軸に対数座標変換することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対して入力 $\theta-q$ 平面が、 q 軸方向に拡大・縮小率 s に応じた量だけシフトするようにしているので、拡大・縮小率を求める演算処理が簡易なものとなり、処理時間を飛躍的に短縮できる。

【0139】また、本発明の別の発明では、参照画像に関するデータを予め記憶しておく記憶手段と、入力画像を外部より入力する入力手段とを具え、参照画像に関するデータを、入力画像が外部から入力する前に予め記憶させておくようにしたので、入力画像が入力されたならば参照画像と入力画像とを即座に照合することが可能となり、処理時間を更に短縮することができるようにする。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係る画像照合装置の実施の形態を示す図である。

【図2】図2は本発明に係る画像照合方法の実施の形態を示す図であり、図1に示す画像照合装置で行われる処

理手順を示すフローチャートである。

【図3】図3は図1に示すエッジ検出部が行うエッジ方向画像の作成手順を示すフローチャートである。

【図4】図4はソーベルの微分オペレータを示す図である。

【図5】図5は図1に示すハフ変換処理部が行う $\theta-\rho$ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【図6】図6は図1に示すフーリエ変換処理部が行う $\theta-p$ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【図7】図7は図1に示す対数座標変換処理部が行う対数座標変換処理の手順を示すフローチャートである。

【図8】図8は図1に示す移動量算出部が行う回転角および拡大・縮小率の算出手順を示すフローチャートである。

【図9】図9は図1に示す移動量算出部が行う ρ 相互関係画像 $C\rho(\theta, \rho)$ の作成手順を示すフローチャートである。

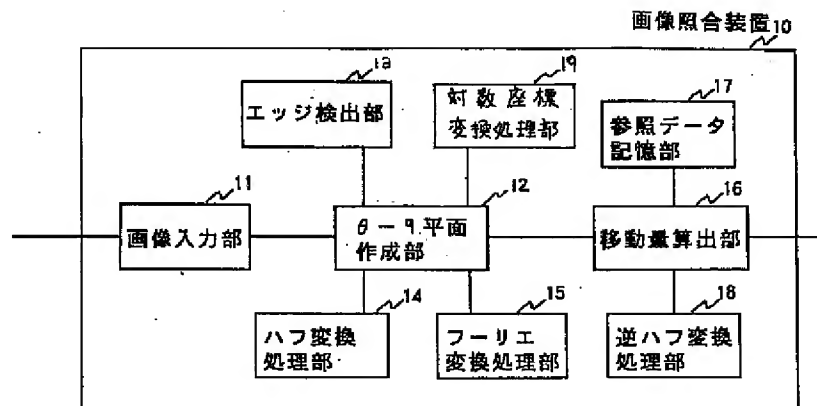
【図10】図10は図1に示す逆ハフ変換処理部が行う逆ハフ変換画像 $Inv(x, y)$ の作成手順を示すフローチャートである。

【図11】図11(a)～図11(m)は図1に示す画像照合装置を文字の照合に適用した場合にディスプレイに表示される中間調画像を示す各写真である。

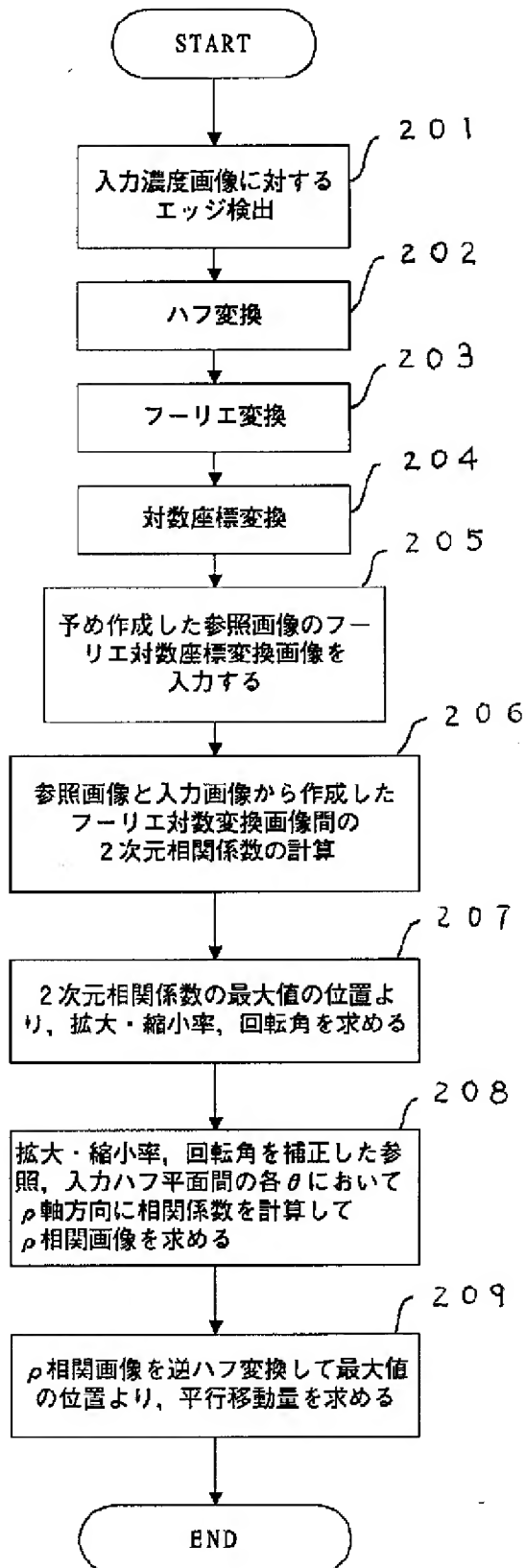
【符号の説明】

10…画像照合装置、 11…画像入力部、 12… $\theta-f$ 平面作成部、 13…エッジ検出部、 14…ハフ変換処理部、 15…フーリエ変換処理部、 16…移動量算出部、 17…参照データ記憶部、 18…逆ハフ変換処理部、 19…対数座標変換処理部、 40, 41…ソーベルオペレータ

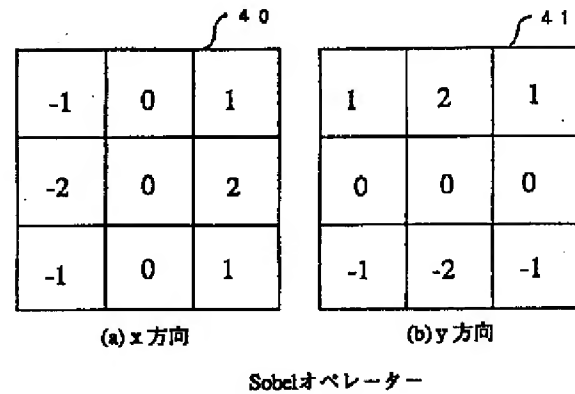
【図1】



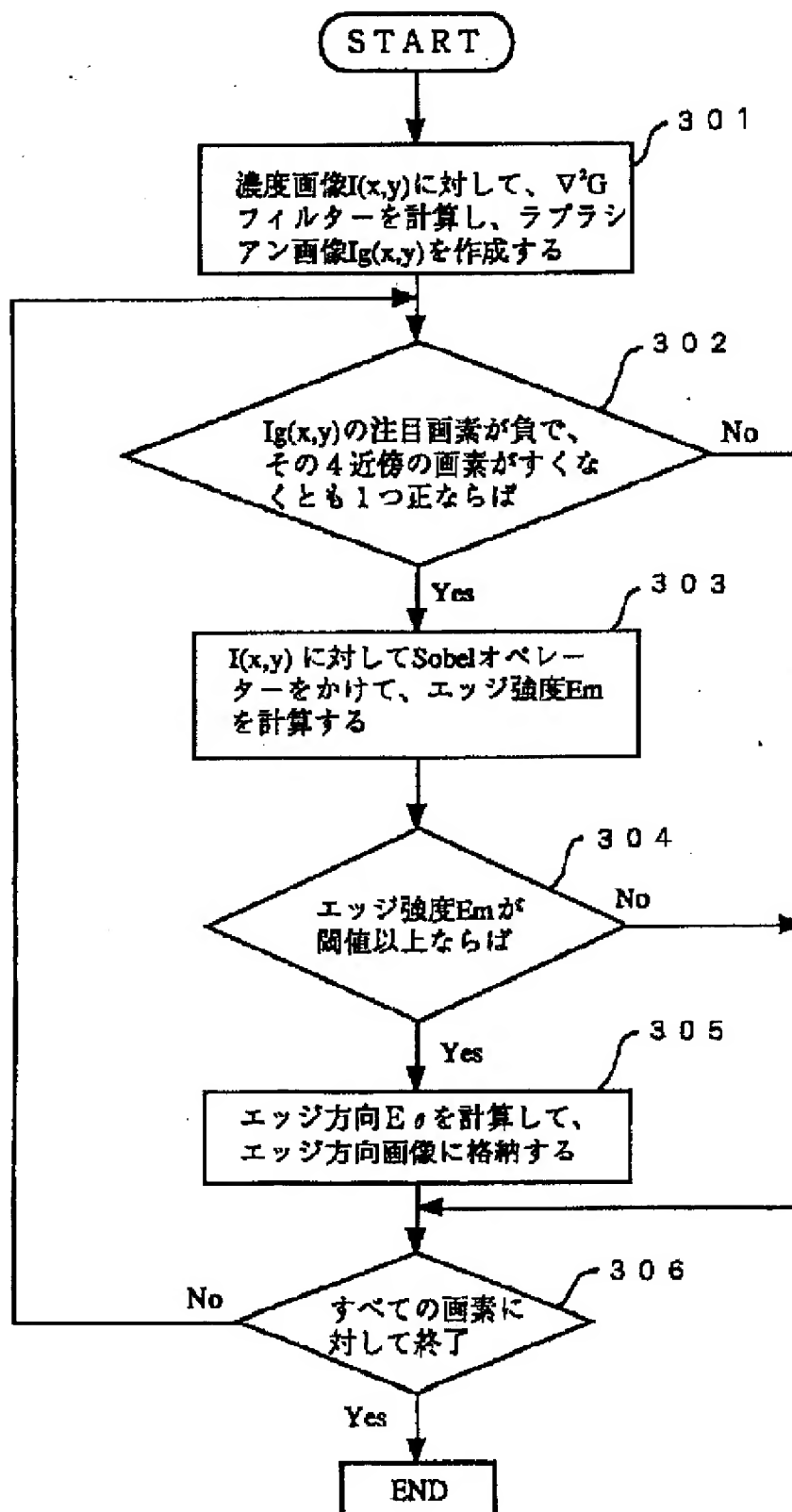
【図2】



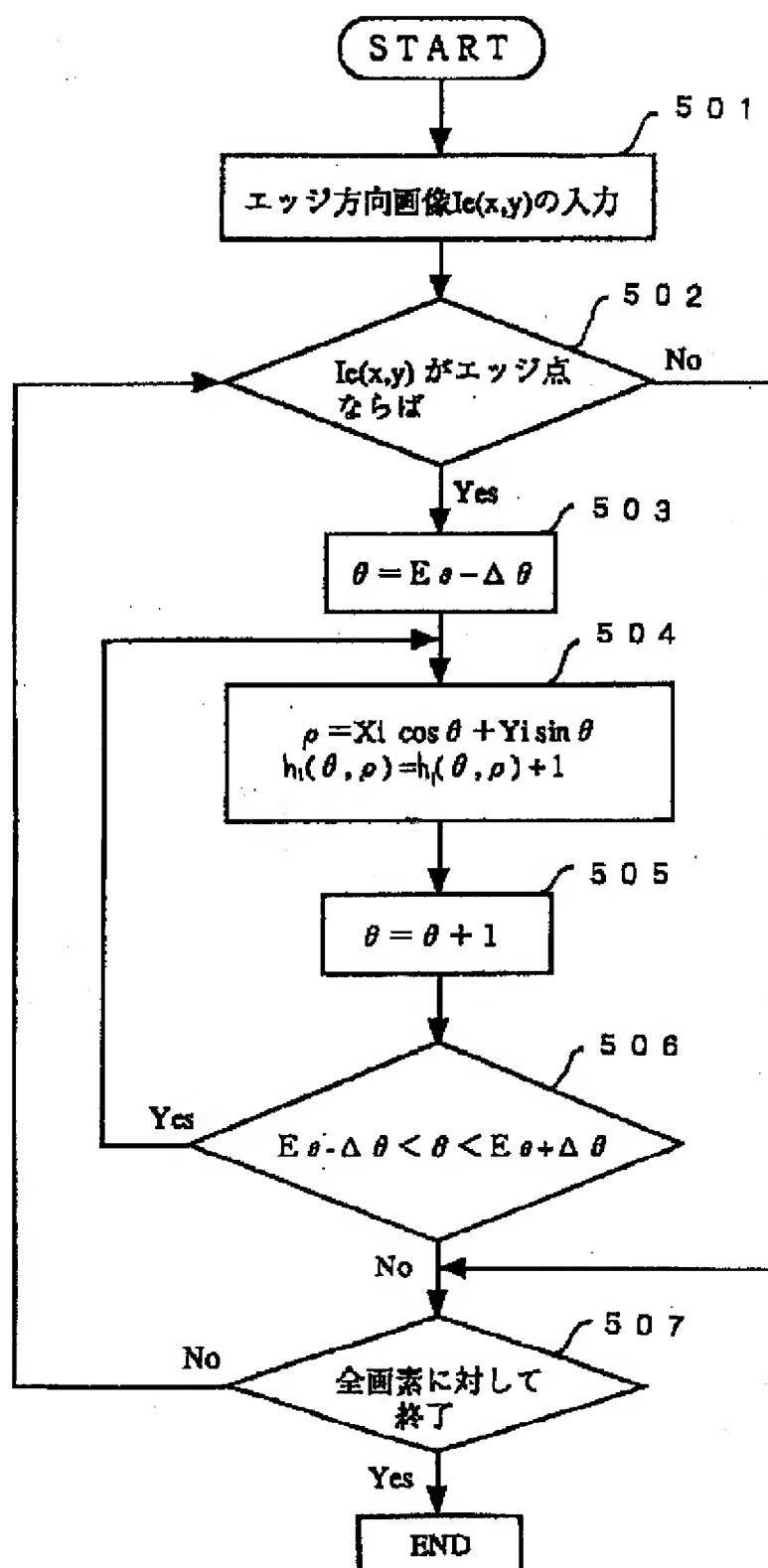
【図4】



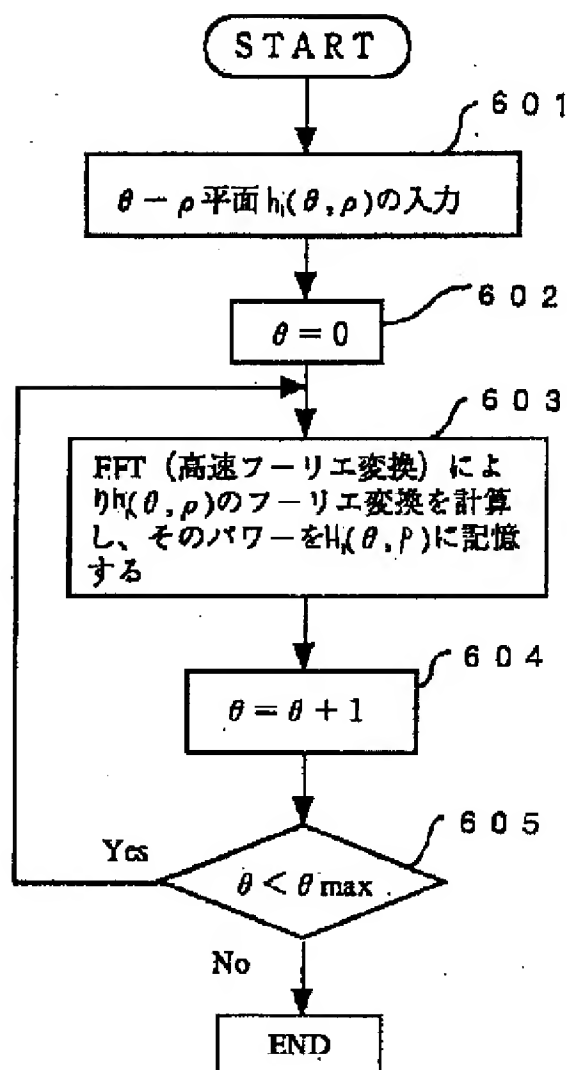
【図3】



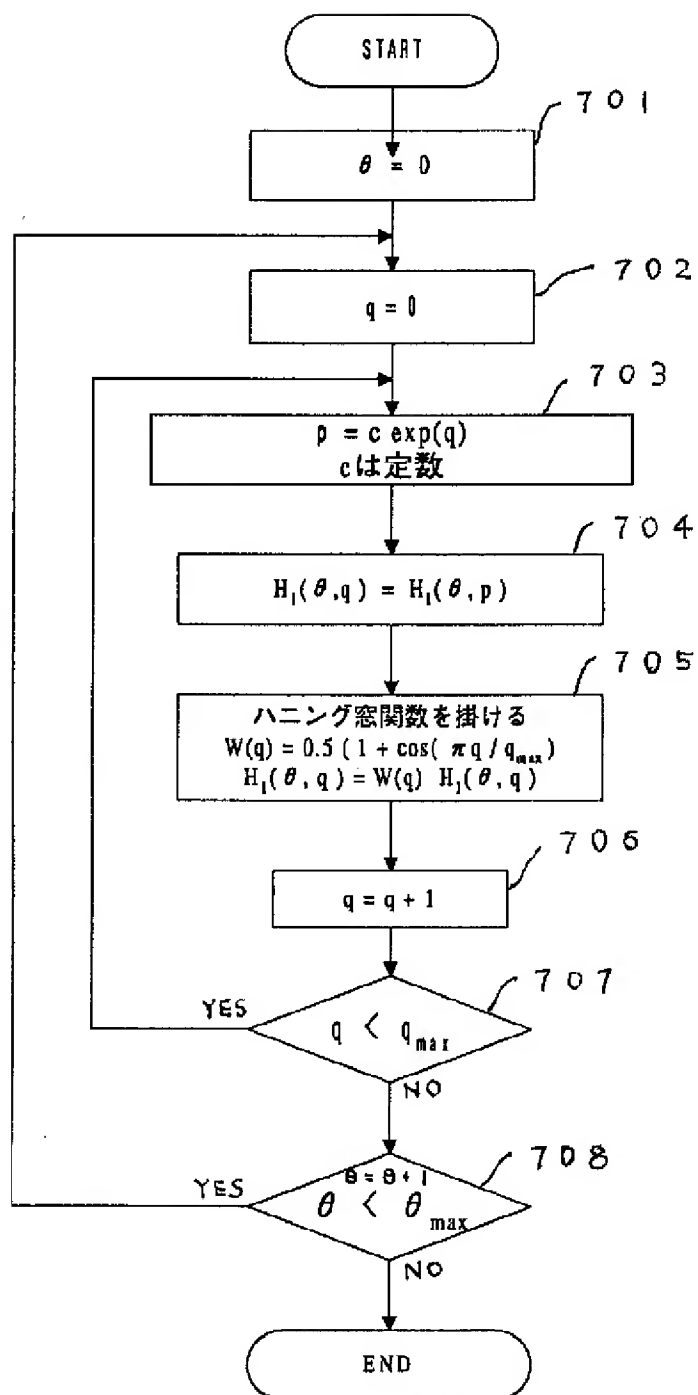
【図5】



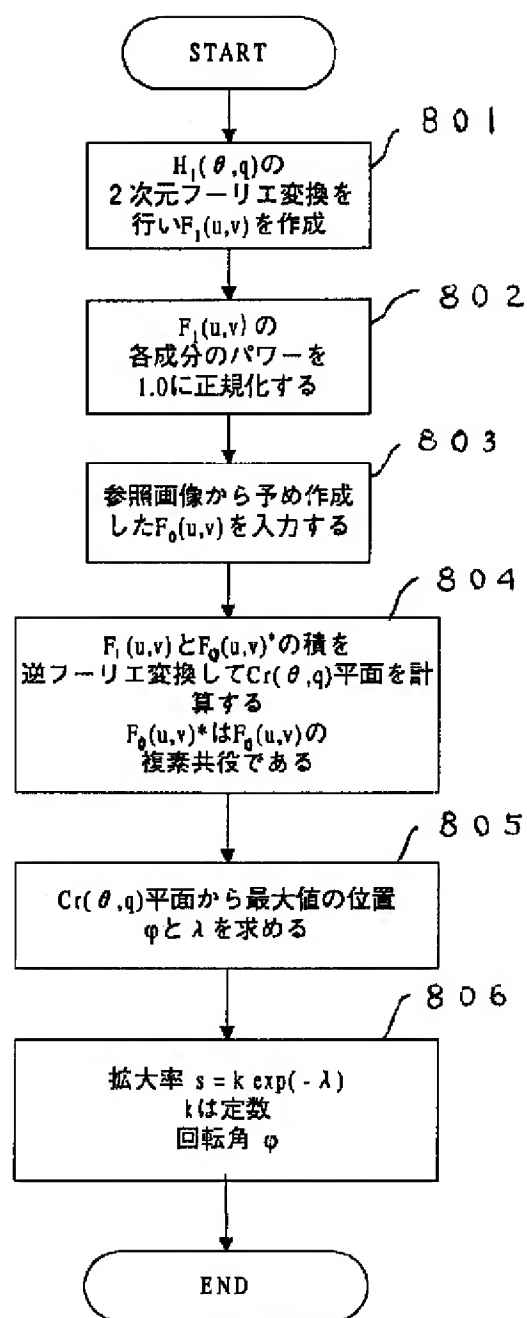
【図6】



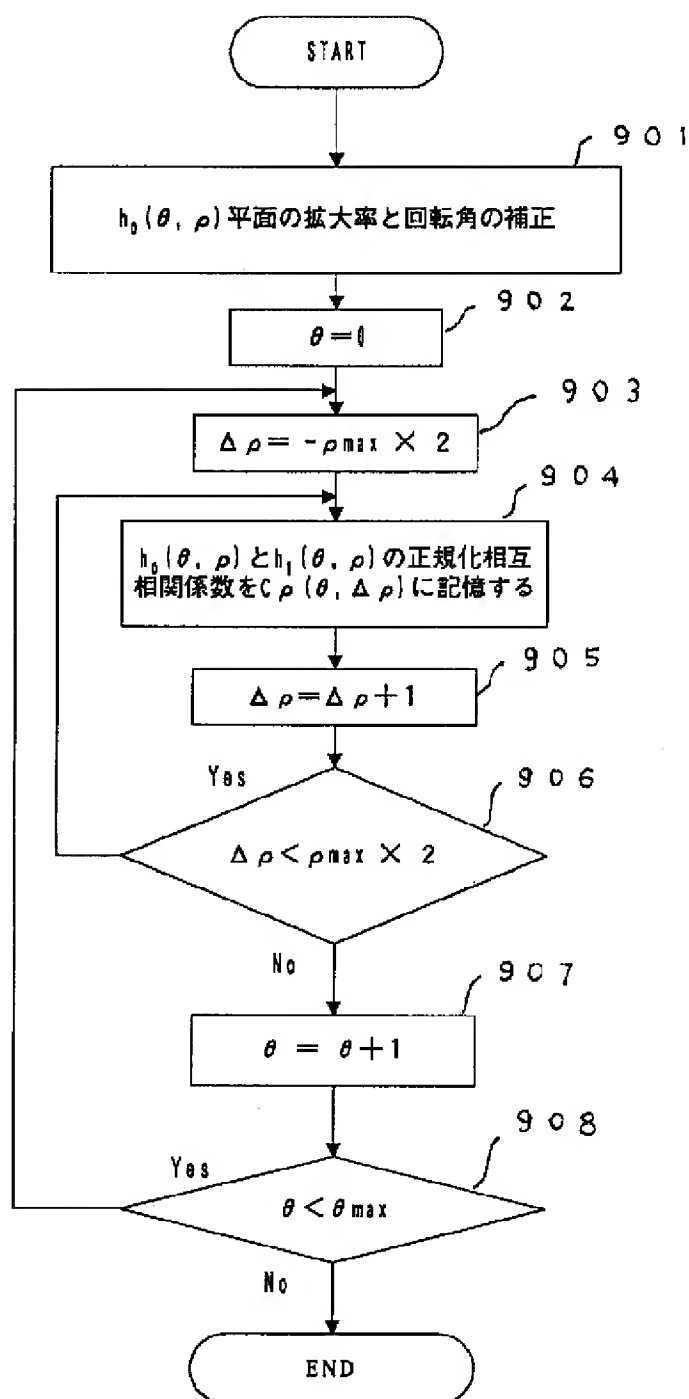
【図7】



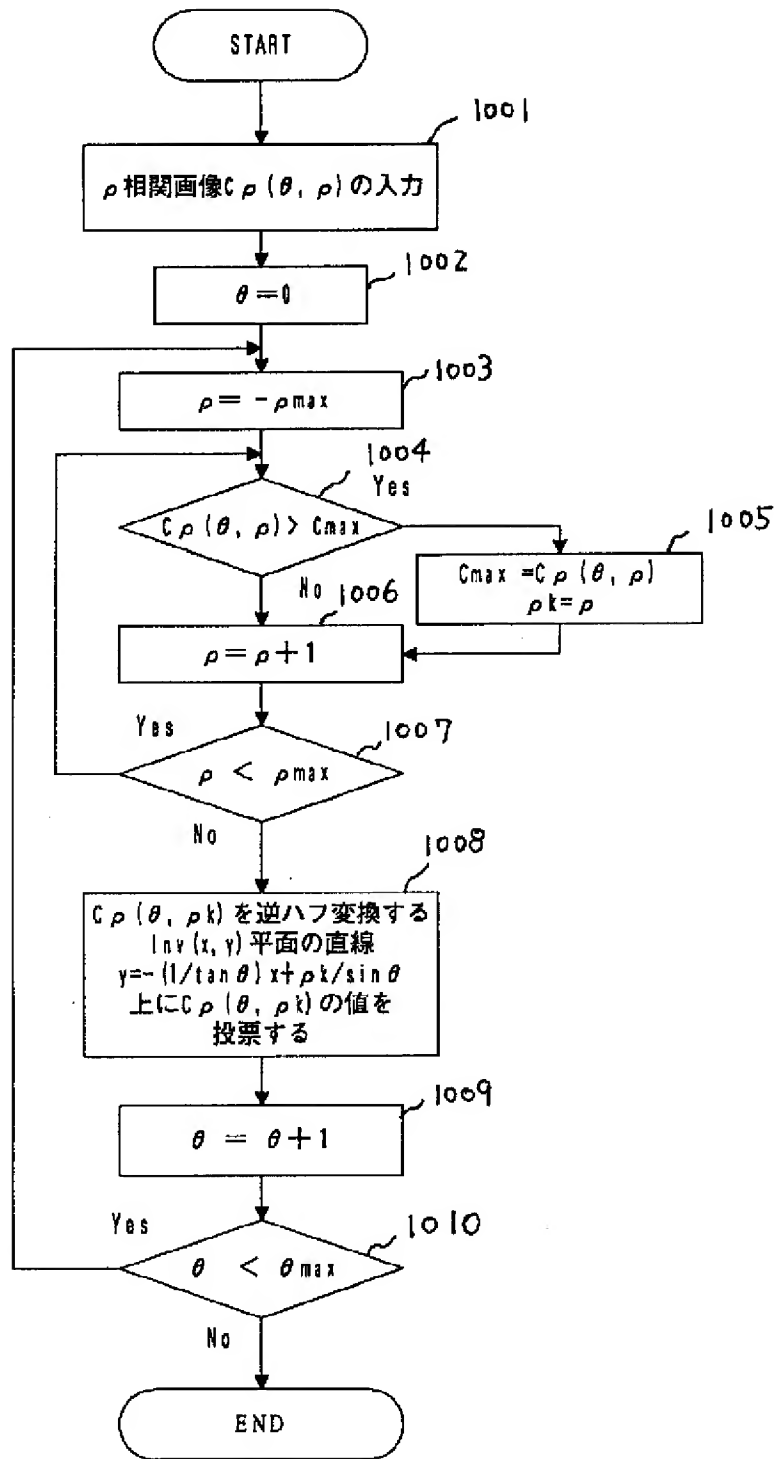
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

